

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y AGROAMBIENTAL



**“DISEÑO DE UNA Balsa Reguladora de Riego Agrícola
Situada en el T.M. de Cieza (Murcia)”**

TRABAJO FIN DE GRADO

JULIO-2025

Autor: Laura Sánchez Martínez

Tutor: José Cordero Gracia



“Diseño de una balsa reguladora de agua de riego agrícola situada en el T.M. de Cieza (Murcia)”

Resumen:

Este trabajo presenta el diseño y encaje de una balsa reguladora destinada al almacenamiento de agua para riego agrícola. A lo largo del documento se describe, de forma metodológica, cada una de las etapas necesarias para su desarrollo: localización, cálculo de necesidades hídricas, dimensionamiento, impermeabilización, elementos hidráulicos y aspectos constructivos. Además, se indican las fuentes de información y herramientas utilizadas. Este trabajo no tiene carácter de proyecto constructivo, sino que pretende ofrecer un enfoque didáctico y estructurado sobre cómo abordar el diseño de este tipo de infraestructuras.

Palabras clave: Balsa de riego, regulación hidráulica, diseño agronómico, gestión del agua, infraestructura agrícola.



“Design of a Regulatory Pond for Agricultural Irrigation Water located in the Municipality of Cieza (Murcia)”

Abstract:

This work presents the design and integration of a regulatory pond for the storage of agricultural irrigation water. The document methodically outlines each development phase: site selection, water demand calculation, sizing, waterproofing, hydraulic elements, and construction aspects. It also identifies the relevant data sources and tools used. This work does not constitute a construction project, but aims to provide an educational and structured approach to designing this type of infrastructure.

Keywords: Irrigation pond, hydraulic regulation, agronomic design, water management, agricultural infrastructure.

Me gustaría mostrar mi más sincero agradecimiento a mi tutor, D. José Cordero, su cercanía, paciencia y constante apoyo durante todo el proceso, no solo me ha ayudado a desarrollar este trabajo, sino también a crecer académica y personalmente.

A mis amigos, especialmente a los de la carrera, por haber caminado a mi lado durante estos años y hacer que esta etapa no solo fuera más llevadera, sino también más rica, divertida y significativa. Gracias por las risas, los apuntes, las horas de estudio compartidas, y por estar ahí en los momentos de agobio y en los de celebración. Sin vuestro apoyo, complicidad y amistad, todo habría sido mucho más difícil. Este logro también es un poco vuestro.

A mi hermano, porque, sin saberlo, ha sido uno de mis mayores apoyos durante toda la carrera. Por cada abrazo, cada sonrisa y cada momento compartido que me ayudó a seguir adelante. Gracias por tu cariño incondicional y por recordarme, incluso en los días más duros, lo bonito que es tenerte cerca.

A mis padres, porque este logro también os pertenece. Gracias por vuestro amor incondicional, por creer en mí incluso cuando yo misma dudaba, y por sostenerme en cada paso de este camino, que ha sido tan exigente como maravilloso. Gracias por los sacrificios que nunca mencionasteis, por el esfuerzo constante y por estar presentes en los momentos felices, pero sobre todo en los más difíciles. Por escucharme sin juzgar cuando necesitaba desahogarme, por animarme cuando me faltaban las fuerzas y por celebrar cada pequeño avance como si fuera un gran triunfo. Habéis sido mi refugio, mi motor, y, sobre todo, mi mayor ejemplo. Gracias a vosotros supe desde muy pronto lo que quería llegar a ser, y me habéis dado las herramientas y el apoyo para conseguirlo. Soy la persona que soy gracias a vosotros, y os estaré eternamente agradecida. Os quiero.

A ti, abuela, mi segunda madre, que me criaste con el mismo amor, dedicación y entrega que a una hija. Aunque no hayas podido estar físicamente durante estos últimos cinco años, sé que me has acompañado en cada paso de este largo camino. En cada momento de duda, en cada día difícil, cuando sentía que no podía más, tu recuerdo me abrazaba. Tu amor, tus palabras y, sobre todo, la fortaleza que siempre te caracterizó, siguen vivas en mí y me han guiado más veces de las que puedo contar. Esta meta también es tuya, porque en cada problema, agobio y antes de cada examen, mi último pensamiento era para ti: imaginaba que estabas ahí, a mi lado, dándome fuerzas, calmando mis nervios, creyendo en mí como siempre lo hiciste. El día de mi graduación no pude evitar pasar casi todo el acto mirando al cielo, soñando con que estuvieras allí, conmigo, celebrando ese momento que también era tuyo. Te echo de menos cada día, pero te llevo conmigo en el alma, con la certeza de que, allá donde estés, hoy sonríes con orgullo de tu nieta preferida. Te quiero, con locura y pasión.

Y a ti, Antonio, mi compañero de vida y también de clase, porque desde que empezó esta etapa, tú estabas ahí, justo al lado, compartiendo no solo apuntes y exámenes, sino también días buenos, malos y muchísimos momentos que nunca olvidaré. Gracias por estar conmigo desde el principio, por animarme cuando me venía abajo, por saber calmar mis nervios antes de un examen con solo una mirada y por hacerme reír incluso en medio del caos. Gracias por abrazarme fuerte cuando no podía más, por celebrar conmigo cada pequeño logro, y por recordarme quién soy cuando hasta yo misma lo olvidaba. Hemos crecido juntos entre clases, trabajos, noches de estudio y madrugones, ayudándonos siempre el uno al otro sin pedir nada a cambio. Sé que esta carrera habría sido mucho más dura sin ti, porque en los momentos más complicados, saber que te tenía a mi lado lo cambiaba todo. Y aunque hay personas muy importantes que ya no están, sé en el fondo que alguien muy especial nos ha estado mirando con orgullo todo este tiempo. Estoy segura de que, allá donde esté, no solo se siente feliz por lo lejos que hemos llegado, sino también profundamente tranquilo al ver cómo me cuidas, cómo me acompañas y cómo compartes conmigo este camino con este amor tan puro. Este título es también un reflejo de todo lo que hemos construido juntos, de lo lejos que hemos llegado apoyándonos siempre. Gracias por caminar a mi lado, dentro y fuera del aula. Te quiero.

MEMORIA

ÍNDICE

1- OBJETIVO DEL TRABAJO	12
2.- CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA Balsa.....	13
2.1.- Introducción	13
2.2.- Funciones de la balsa	14
2.3.- Metodología.....	15
2.3.1.- Características de las aportaciones.....	16
2.3.2.- Determinación del consumo.....	17
2.3.3.- Balance.....	26
3- LOCALIZACIÓN DE LA Balsa.....	32
3.1.- Criterios de accesibilidad	33
3.2.- Criterios de topografía	33
3.3.- Criterios medioambientales y compatibilidad de usos.....	33
3.4.- Criterios de situación relativa respecto a las fuentes de suministro	34
3.5.- Criterios de climatología e hidrología	35
3.6.- Criterios de geología y geotecnia.....	36
3.7.- Criterios de seguridad y evaluación de daños	37
4.- PARÁMETROS GEOMÉTRICOS Y VOLUMEN DE LA Balsa.....	47
4.1.- Resguardo	48
4.2.- Volumen total	50
4.3.- Volumen útil.....	51
4.4.- Cubicación de agua embalsada.....	51
5.- MOVIMIENTO DE TIERRAS	54
5.1.- Vaso de la balsa.....	54
5.1.1.- Desbroce y destocoado.....	54

5.1.2.- Desmonte.....	56
5.1.3.- Terraplén.....	59
5.2.- Cálculo del movimiento de tierras.....	65
5.2.1.- Volumen por diferencia de mallas (superficies)	66
5.2.2.- Volumen por diferencia de perfiles transversales	67
5.2.3.- Línea de paso	68
5.3.- Modelo Digital del Terreno (MDT).....	70
6- SISTEMA DE DRENAJE DE LA Balsa	71
7- SUPERFICIE DE IMPERMEABILIZACIÓN DE LA Balsa.....	74
7.1.- Clases de geocompuestos.....	75
7.1.2.- Geotextil.....	75
7.1.3.- Geomembrana	77
7.2.- Colocación.....	79
7.2.1.- Preparación del terreno	79
7.2.2.- Acopio de láminas.....	79
7.2.3.- Anclajes	80
7.2.4.- Análisis de números de paños y formas de colocarlos	80
7.2.5.- Colocación de la lámina	81
7.3.- Medición y abono	84
7.4.- Superficie de la lámina impermeabilizante.....	85
7.5.- Superficie de la lámina geotextil.....	85
8- ELEMENTOS HIDRÁULICOS DE LA Balsa	85
8.1.- Entradas de agua.....	85
8.1.1.- Sistemas de entrada por coronación	86
8.1.2.- Sistemas de entrada por el talud	91
8.1.3.- Sistemas de entrada por el fondo.....	92
8.2.- Salidas de agua.....	96
8.2.1.- Toma por coronación. Sifón invertido	97

8.2.2.- Toma inferior	98
8.2.3.- Tomas flotantes	100
8.2.4.- Desagüe de fondo	102
8.3.- Aliviaderos.....	108
8.3.1.- Aliviadero de tubos	109
8.3.2.- Aliviadero en marco o canal.....	110
8.3.3.- Aliviadero de badén	112
9.- ELEMENTOS ACCESORIOS.....	112
9.1.- Pasillo y petril de coronación	112
9.2.- Vallado perimetral	116
9.3.- Elementos de seguridad para el personal.....	117
9.4.- Protección de taludes exteriores	118
10. BIBLIOGRAFÍA	120



ANEXOS A LA MEMORIA

ANEXO Nº 1.- DETERMINACIÓN CONSUMO

ANEXO Nº 2.- CÁLCULO DE LA NECESIDADES HÍDRICAS

ANEXO Nº 3.- CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA BALSA

ANEXO Nº 4.- DESCARGA DE LA CARTOGRAFÍA DEL IGN

ANEXO Nº 5.- DESCARGA DE LA CARTOGRAFÍA CATASTRAL EN DXF

ANEXO Nº 6.- USO DE LA APLICACIÓN QGIS

ANEXO Nº 7.- USO DE LA APLICACIÓN CIVIL 3D

ANEXO Nº 8.- CÓMO OBTENER PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE LA BALSA

ANEXO Nº 9.- TOMA Y DESAGÜE DE FONDO

ANEXO Nº 10.- ALIVIADERO

PLANOS

PLANO Nº 1.- LOCALIZACIÓN

PLANO Nº 2.- SITUACIÓN

PLANO Nº 3.- EMPLAZAMIENTO SOBRE MTN25

PLANO Nº 4.- EMPLAZAMIENTO SOBRE PNOA

PLANO Nº 5.- TOPOGRÁFICO

PLANO Nº 6.- PLANTA DE LA Balsa

PLANO Nº 7.- MOVIMIENTO DE TIERRAS

PLANO Nº 8.- SECCIONES TRANSVERSALES

PLANO Nº 9.- EXPLANACIÓN FINAL DE LA Balsa



ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y FOTOGRAFÍAS

FIGURAS

Figura 1. <i>Determinación gráfica de la capacidad de la balsa</i>	16
Figura 2. <i>Grado de tolerancia de los cultivos a las sales</i>	25
Figura 3. <i>Capacidad máxima de la balsa</i>	27
Figura 4. <i>Capacidad máxima de la balsa</i>	28
Figura 5. <i>Máximo volumen alcanzado</i>	30
Figura 6. <i>Capacidad de la balsa</i>	31
Figura 7. <i>Mapa de Localización sobre Mapa Provincial MP200</i>	38
Figura 8. <i>Mapa de Situación sobre MTN50 (Hoja 0891)</i>	39
Figura 9. <i>Mapa de Emplazamiento sobre MTN25 (Hoja 0891-2)</i>	39
Figura 10. <i>Plano de Emplazamiento sobre Cartografía Catastral</i>	40
Figura 11. <i>Plano de Emplazamiento sobre Ortoimagen PNOA_MA</i>	41
Figura 12. <i>Emplazamiento sobre cartografía de Clasificación del Suelo</i>	43
Figura 13. <i>Emplazamiento sobre el visualizador de la Infraestructura de Datos Espaciales de la Región de Murcia (IDERM) sobre la capa del Planeamiento Urbanístico</i>	46
Figura 14. <i>Emplazamiento sobre el visualizador de la Infraestructura de Datos Espaciales de la Región de Murcia sobre las capas de Gestión Ambiental y Medio Natural (MITRED)</i>	47
Figura 15. <i>Datos iniciales</i>	52
Figura 16. <i>Gráfico de Altura-Volumen de agua de la balsa</i>	53
Figura 17. <i>Hipsometría de dos intervalos</i>	69
Figura 18. <i>Hipsometría de 8 intervalos</i>	70
Figura 19. <i>Sistema de drenaje perimetral al pie del talud</i>	72
Figura 20. <i>Sistema de drenaje en espina de pez en el fondo del vaso</i>	72
Figura 21. <i>Esquema de zanja de drenaje en el fondo de la balsa</i>	74

Figura 22. <i>Detalle de impermeabilización y anclaje en coronación</i>	75
Figura 23. <i>Esquema de sistema de entrada de agua mediante vertido directo sobre canal escalonado</i>	87
Figura 24. <i>Unión de la geomembrana con la tubería de entrada de agua</i>	91
Figura 25. <i>Diferentes esquemas de entrada de agua por el fondo mediante codo de 90º</i>	93
Figura 26. <i>Esquema tipo de las diferentes entradas inferiores mediante arqueta</i>	94
Figura 27. <i>Diferentes esquemas de entrada de agua en pico de flauta</i>	95
Figura 28. <i>Esquema de toma en sifón</i>	98
Figura 29. <i>Esquema de toma y desagüe de fondo</i>	99

TABLAS

Tabla 1. <i>Valores de f y E_fP para diferentes tipos de suelo</i>	22
Tabla 2. <i>Identificación catastral de ambas parcelas</i>	40
Tabla 3. <i>Coordenadas del centroide de la balsa de riego</i>	41
Tabla 4. <i>Parámetros geométricos de la balsa</i>	48
Tabla 5. <i>Volúmenes de la balsa</i>	51
Tabla 6. <i>Cubicación de volúmenes. Relación Altura-Volumen de agua</i>	53
Tabla 7. <i>Cálculo de volúmenes a partir del método de diferencia de superficies</i>	66
Tabla 8. <i>Volúmenes totales</i>	67
Tabla 9. <i>Cálculo de volúmenes a partir del método de perfiles transversales</i>	68
Tabla 10. <i>Características del geotextil</i>	76
Tabla 11. <i>Características de la geomembrana PEAD</i>	77

FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. <i>Desbroce</i>	55
Fotografía 2. <i>Desbroce</i>	56
Fotografía 3. <i>Hojas de empuje grande D-9</i>	57
Fotografía 4. <i>Arranque y acopio</i>	58
Fotografía 5. <i>Carga y transporte</i>	58
Fotografía 6. <i>Compactación de taludes</i>	60
Fotografía 7. <i>Compactación dinámica</i>	63
Fotografía 8. <i>Perfilado de taludes</i>	65
Fotografía 9. <i>Dren del vaso</i>	73
Fotografía 10. <i>Impermeabilización</i>	82
Fotografía 11. <i>Canal de entrada escalonado</i>	88
Fotografía 12. <i>Sistema de entrada de agua mediante vertido directo sobre canal</i>	89
Fotografía 13. <i>Entradas de agua mediante tubería (izquierda) o tubería en pico de flauta (derecha), con vertido directo</i>	90
Fotografía 14. <i>Entradas de agua mediante arqueta de hormigón sobre la lámina con rebaje del talud</i>	91
Fotografía 15. <i>Entrada de agua mediante arqueta</i>	94
Fotografía 16. <i>Obras de toma de agua</i>	97
Fotografía 17. <i>Aspiración flotante</i>	98
Fotografía 18. <i>Toma de fondo y colectores de drenaje</i>	100
Fotografía 19. <i>Toma flotante</i>	101
Fotografía 20. <i>Desagüe de fondo en construcción</i>	102
Fotografía 21. <i>Desagüe de fondo</i>	102
Fotografía 22. <i>Aliviadero en tubos con embocadura circular</i>	109

Fotografía 23. <i>Aliviadero en marco (izquierda) y entrada de agua mediante canal escalonado (derecha)</i>	110
Fotografía 24. <i>Aliviadero en canal escalonado</i>	111
Fotografía 25. <i>Aliviadero en marco</i>	111
Fotografía 26. <i>Aliviadero en badén</i>	112
Fotografía 27. <i>Bordillo prefabricado</i>	114
Fotografía 28. <i>Módulos prefabricados</i>	114
Fotografía 29. <i>Bataolas</i>	115
Fotografía 30. <i>Elaborado en obra, continuo</i>	115
Fotografía 31. <i>Cerramiento sobre bloque de hormigón prefabricado</i>	116
Fotografía 32. <i>Vallado perimetral</i>	117
Fotografía 33. <i>Cerramientos</i>	117
Fotografía 34. <i>Elementos de seguridad</i>	118
Fotografía 35. <i>Terminación exterior de una balsa</i>	119

1- OBJETIVO DEL TRABAJO

El objetivo principal de este trabajo es desarrollar una guía técnica detallada para el diseño y encaje de una balsa reguladora destinada al almacenamiento de agua para riego agrícola. A través de un enfoque metodológico, se pretende exponer paso a paso los criterios, herramientas y procedimientos necesarios para abordar este tipo de diseños desde una perspectiva ingenieril y no constructiva.

La capacidad de almacenamiento y la regulación de los recursos hídricos en el riego de cultivos viene siendo un reto importante en las explotaciones agrícolas de la zona del sureste español. Se busca dotar a estas explotaciones de infraestructuras de almacenamiento relativamente económicas, con el objeto de no incrementar los costes de producción y asegurar la durabilidad de las construcciones.

Son de sobra conocidas en esta zona peninsular las pequeñas balsas de riego de poca profundidad realizadas con materiales sueltos e impermeabilizadas con geomembranas; se trata de balsas fáciles en su ejecución, con valores de volumen de agua almacenada proporcionales a la superficie de la explotación regada.

Este trabajo afronta el diseño de estas pequeñas balsas de riego cuya finalidad se refiere fundamentalmente al uso agrícola. Incluye la determinación de la capacidad de almacenamiento mediante diferentes métodos de balance hídrico, la elección del emplazamiento en base a condicionantes técnicos y medioambientales, el dimensionamiento geométrico de la balsa, el diseño de sus elementos hidráulicos y la selección de materiales y sistemas de impermeabilización.

Además, se hace uso de herramientas que el alumnado de la Universidad Miguel Hernández tiene a su disposición en las aulas de Informática y a través de las prácticas libres desde la web, como son:

- QGIS, software libre y de código abierto de Sistemas de Información Geográfica.
- AutoCAD Civil 3D, un software de diseño y documentación detallados de ingeniería civil, que cuenta, entre otras, con herramientas especializadas para la

topografía y el diseño de explanaciones, con la automatización de los procesos del cálculo de volúmenes en los movimientos de tierras.

- Excel de Microsoft, herramienta para crear y diseñar cálculos sencillos a través de sus hojas de cálculo.

Por otro lado, se muestran las fuentes oficiales de dónde obtener información cartográfica y alfanumérica, como es el Centro de Descargas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Sistema de Información Agrario de Murcia (SIAM), para ilustrar cómo debe recopilarse y procesarse la información técnica necesaria.

Por último, indicar que este trabajo no busca sustituir un proyecto de ejecución, sino servir como referencia metodológica para estudiantes que deseen comprender, planificar o desarrollar el diseño de infraestructuras de almacenamiento de agua para riego de forma estructurada, fundamentada y optimizada.

2.- CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA BALSA

2.1.- Introducción

La regulación de los recursos hídricos destinados al riego debe adecuarse a la demanda de los cultivos como principal objetivo en las zonas dedicadas a la agricultura en regadío. Y esta regulación adquiere una mayor importancia en la zona del Levante y Sureste de España donde existe un mayor desfase entre la demanda y la disponibilidad de agua.

En estas zonas proliferan las balsas de riego como solución a dicho desfase temporal en las explotaciones agrícolas.

Es importante definir la función que tendrá la balsa dentro del sistema de riego de la explotación. Su principal función es adecuar el suministro de agua al consumo, pero para un mismo consumo, las características del suministro condicionarán la capacidad final de la balsa. En otras ocasiones, la función de la balsa es suministrar presión a los sistemas de riego de la explotación, lo que también influirá en el dimensionado final de la balsa.

Otro aspecto que condiciona el diseño de las balsas es su localización, basado en tres aspectos: la topografía, las características geológicas y geotécnicas y los aspectos ambientales.

2.2.- Funciones de la balsa

Las funciones de las balsas para riego pueden ser las siguientes:

- **Regulación estacional:** consiste en almacenar agua en los meses del año en los que los recursos hídricos superan a las demandas, para usarlos posteriormente durante los meses en los que la demanda supera a los recursos hídricos.
- **Regulación hidráulica:** puede ser:
 - **Regulación del caudal:** cuando se cuenta con un caudal concreto, que en determinadas horas es inferior al caudal demandado por el sistema de riego de la explotación. En este caso, se acumula en la balsa el exceso de caudal suministrado en el período en el que el consumo es inferior al suministro y utilizar el volumen acumulado en el período en el que el caudal demandado supera al caudal de suministro.
 - **Regulación de la presión:** se produce cuando la cota de la balsa sirve, además, para suministrar la presión necesaria para el correcto funcionamiento del sistema de riego de la explotación. Por ello, se ubica la balsa a una cota suficiente que suministre la presión mínima de funcionamiento más las pérdidas de carga, desde la balsa hasta el punto más desfavorable de la red de riego de la explotación.
 - **Regulación energética:** consiste en aprovechar las horas de consumo eléctrico reducido para bombear agua a la balsa y utilizar el agua almacenada durante las horas en las que la energía es más cara. En este caso, la balsa debe tener, además, una función de regulación de presión, para evitar suministros adicionales de energía eléctrica.

- **Reserva de seguridad:** junto con las funciones anteriores descritas, las balsas se suelen diseñar con una capacidad ligeramente superior a la necesaria, para cubrir las posibles anomalías en el funcionamiento del abastecimiento del agua.

2.3.- Metodología

Una vez definida la función de la balsa se debe realizar una estimación de la capacidad necesaria de agua embalsada para el correcto funcionamiento del sistema de riego de la explotación.

Para la determinación de la capacidad de la balsa se debe realizar un balance entre el régimen de aportaciones y el régimen de consumos de agua de la explotación. Dicho balance se realiza para un período de tiempo considerado (anual) a intervalos determinados (mensual). Para realizar el balance se parte de las necesidades totales mensuales de los cultivos y de los aportes mensuales disponibles para el riego. Se debe comprobar que la totalidad de los aportes supere a las necesidades, ya que, en caso contrario sería imposible satisfacer dichas necesidades, fuera cual fuera el volumen de la balsa.

A la hora de realizar el balance, llamando V_i al volumen acumulado en la balsa en el mes i , A_i a los aportes mensuales que llegan a la balsa y R_i a los volúmenes mensuales extraídos para el riego, se debe cumplir que:

$$V_{i+1} = V_i + A_i - R_i$$

Siendo:

$$i \in [1, 12]$$

$$0 \leq V_i \leq V_T$$

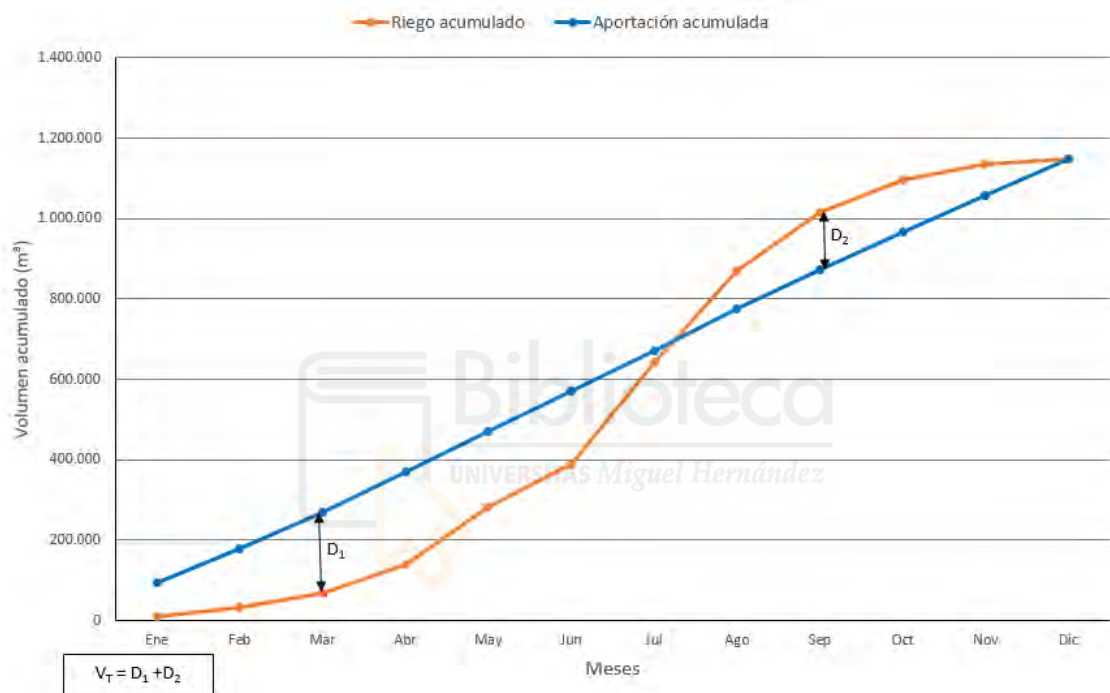
V_T = volumen total de la balsa

Se cumple que:

$$V_1 = V_{12} + A_{12} - R_{12}$$

Si se representan todos los valores en una tabla para los meses del año, se obtiene el volumen necesario de la balsa como el máximo valor de los volúmenes de embalse de cada mes. Este valor equivale al máximo valor de los incrementos acumulados de las diferencias entre aportaciones y consumos para cada intervalo de tiempo. Estos valores pueden representarse gráficamente estableciéndose el volumen de la balsa mediante la diferencia entre la curva de aportaciones de la curva de consumos, tal y como se refleja en la figura.

Figura 1. Determinación gráfica de la capacidad de la balsa



Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

2.3.1.- Características de las aportaciones

A la hora de realizar el balance, se debe distinguir entre aportaciones fijas (en cantidad y frecuencia) y aportaciones que dependen de un bombeo, y por tanto, la cantidad y frecuencia dependerán del caudal de bombeo y de las horas de funcionamiento.

- i. **Aportaciones fijas:** en este caso la balsa tiene una función de regulación estacional, para poder sincronizar las aportaciones con el consumo. La balsa recibe aportaciones con una frecuencia y cantidad prefijada, que no es modificable. Por ejemplo, aguas procedentes de una depuradora o de un cauce público (trasvase o acequia). El balance se realiza aplicando la fórmula [1] o

mediante la suma del máximo valor de los incrementos acumulados de las diferencias entre aportaciones y consumos para cada intervalo de tiempo.

- ii. **Aportaciones procedentes de bombeo:** en este caso la balsa tiene una función de regulación hidráulica. La capacidad de almacenamiento de la balsa va a depender del caudal de bombeo y de las horas de funcionamiento. La solución más económica consiste en utilizar las horas más baratas (horas valle) para consumir energía y obtener la mínima capacidad de embalse que satisfaga el consumo de agua demandado.

Según sea el caudal de la bomba con respecto al caudal demandado, podemos tener dos situaciones:

- a) El caudal de bombeo es superior al máximo caudal demandado: la balsa tiene una función de regulación energética, ya que almacenará el agua durante las horas valle, para consumirla en las horas con energía más cara. (Dal-Ré Tenreiro, 2003). El balance se debe plantear a intervalos diarios o semanales y la capacidad de la balsa será igual al volumen máximo diario consumido más la reserva de seguridad
- b) El caudal de bombeo es inferior al máximo caudal demandado: en este caso la función de la balsa es de regulación de caudal y se utilizará para almacenar el agua en los períodos en los que el caudal bombeado es superior al caudal demandado, para poder consumir el agua en los períodos en los que el caudal demandado es superior al caudal de bombeo. El balance se puede realizar para intervalos semanales o mensuales y el volumen final de la balsa será superior al caso anterior.

2.3.2.- Determinación del consumo

Introducción

En las regiones áridas y semiáridas, el agua constituye el primer factor limitante del desarrollo agrícola y el riego constituye sin duda la práctica más importante mediante la

que se satisfacen las necesidades totales de agua de los cultivos, siendo su eficaz utilización exigencia obligada.

Desde criterios técnicos y agronómicos, el apropiado manejo del agua debe estar en relación con el sistema de riego elegido. En el riego por goteo el ajuste de las cantidades de agua a aplicar, el tiempo de riego apropiado, mínimas pérdidas por drenaje, facilitación de labores culturales y otras de tipo medio-ambiental, constituyen las características más importantes que deben ser optimizadas.

Evapotranspiración del cultivo

La mayor parte el agua consumida por las plantas es evaporada a la atmósfera a partir de la superficie foliar en un proceso denominado transpiración y de la evaporación a partir del suelo del cultivo (E). Al proceso conjunto de transpiración y de evaporación a partir del suelo se le denomina evapotranspiración (ET).

Cuando la evapotranspiración se produce sin ninguna restricción de agua en el suelo se conoce como "evapotranspiración máxima del cultivo" (ET_c). La ET_c corresponde con la cantidad de agua que debe ser aportada al suelo estacionalmente mediante lluvia y/o riego.

Para determinarla se utiliza el método FAO (Doorembos y Pruitt, 1977), en el que la ET_c se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$ET_c = ET_0 \cdot k_c$$

siendo:

ET_c = Evapotranspiración del cultivo en mm/día

ET₀ = Evapotranspiración de referencia en mm/día

k_c = Coeficiente de cultivo (adimensional)

Para la obtención de la ET₀ se han extraído los datos del Sistema de Información Agrario de Murcia (SIAM) (<http://siam.imida.es/>), estación JU81 Aljuzarejo (Jumilla), perteneciente a La Red Agrometeorológica del Instituto Murciano de Investigación y

Desarrollo Agrario de Murcia (IMIDA). La ETo recogida es la calculada mediante el método de FAO Penman-Monteith.

Necesidades netas

Además de la ETc , la precipitación efectiva (Pe) debe ser tomada en cuenta en el cómputo de las necesidades del agua para el riego. La precipitación efectiva es aquella parte de lluvia que se almacena en el volumen de suelo a profundidad radicular y es consumida por la planta en proceso de evapotranspiración. Las necesidades netas vienen dadas por la expresión:

$$N_n = ET_c - (P_e + W)$$

siendo:

N_n = Necesidades netas en mm/día.

ET_c = Evapotranspiración del cultivo en mm/día.

Pe = Precipitación efectiva en mm/día.

W = Variación de la humedad en el suelo en mm.

En las zonas de climatología árida y semiárida y riego por goteo, Pe y W se consideran nulos coincidiendo las necesidades netas con la evapotranspiración del cultivo.

Necesidades totales

Además de las necesidades consuntivas, hay otras cantidades adicionales de agua que son necesarias para compensar las pérdidas producidas por las condiciones en que se desarrolla el cultivo. Estas pérdidas se producen por:

- Percolación en profundidad fuera de la rizosfera.
- Uniformidad de reparto del agua en la parcela de riego.
- Requerimientos de lavado de sales en condiciones de utilizar aguas salinas

Todas las pérdidas de agua se cuantifican en un término denominado eficiencia de aplicación (Efa). Las necesidades totales de riego vienen dadas por la relación:

$$N_t = \frac{N_n}{Efa}$$

siendo:

N_t = Necesidades totales de agua en mm/día.

N_n = Necesidades netas de agua en mm/día.

Efa = Eficiencia de aplicación en tanto por uno.

Eficiencia de aplicación

La eficiencia de aplicación (Efa) se define como la relación entre el volumen de agua almacenado a profundidad radicular (utilizable por el cultivo) y el volumen total que llega a la parcela. En los riegos localizados de alta frecuencia, las pérdidas producidas por transporte dentro de la parcela son nulas, siendo las pérdidas producidas debidas a la percolación no controlable fuera del alcance radicular, a la falta de uniformidad de descarga de los emisores en la superficie de riego y a las producidas por la salinidad del agua de riego.

De acuerdo con el concepto de eficiencia, las pérdidas por percolación dan lugar a una eficiencia que denominaremos eficiencia de percolación (EfP), las producidas por falta de uniformidad de reparto de caudal en la parcela de riego eficiencia de uniformidad (EfU) y las producidas por necesidad de lixiviación de sales a la eficiencia por salinidad del agua (EfS).

Eficiencia de uniformidad

La falta de uniformidad de aplicación es debida a la diferencia de descarga en los emisores situados en puntos extremos de la subunidad de riego. Para compensar dichas diferencias, se deben aportar cantidades adicionales de agua de forma que todas las plantas reciban como mínimo la dosis neta de riego. La eficiencia por uniformidad de

riego coincide con el coeficiente de uniformidad de la instalación (CU), al que se le asigna valor mínimo de 0.9, de donde:

$$Ef_u = 0,9$$

Eficiencia de percolación

La estimación de las pérdidas de agua por percolación no controlables fuera del alcance radicular, se realiza mayorizando las necesidades del cultivo (ETc) mediante factores distintos según tipo de suelo, siendo las cantidades de agua totales a aportar:

$$N_{tp} = N_n \cdot f$$

siendo:

N_{tp} = Necesidades totales en mm/día.

N_n = Necesidades netas en mm/día.

f = Factor de mayorización según tipo de suelo (Hoare et al, 1974)

Aplicando el concepto de eficiencia a las pérdidas por percolación, se tiene que:

$$Ef_p = \frac{ET_{cm}}{N_{tp}} = \frac{ET_{cm}}{ET_{cm} \cdot f} = \frac{1}{f}$$

La siguiente tabla, presenta los valores de f y de Ef_p para distintos tipos de suelo, para riegos localizados.

Tabla 1. Valores de f y EfP para diferentes tipos de suelo

Textura del suelo	$f(*)$	$Efp = 1/f$
Muy arenosa	1,15	0,87
Arenosa	1,10	0,90
Franca	1,05	0,95
Arcillosa	1	1,00

Nota. Adaptado de *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*, por R.G. Allen, L.S. Pereira, D. Raes, M. Smith, 1998, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (**FAO**)

Eficiencia por salinidad del agua de riego

Cuando se utilizan aguas salinas, se deben aportar cantidades adicionales de agua para lixiviar (desplazar fuera de la zona radicular) las sales que pudieran acumularse en el bulbo húmedo por efecto de la evapotranspiración de las plantas. La lixiviación de sales es práctica obligada en el control de la salinidad del medio de cultivo a nivel radicular.

Para conocer las cantidades de agua necesarias de lixiviación, partimos de que la salinidad del agua de riego actúa como único factor de influencia en la eficiencia de aplicación. De esta forma:

$$N_{t_s} = N_n + R_s$$

$$R_s = N_{t_s} \cdot RL$$

$$N_{t_s} = N_n + N_{t_s} \cdot RL$$

$$N_n = N_{t_s} \cdot (1 - RL)$$

de donde:

$$N_{t_s} = \frac{N_n}{1 - RL}$$

Aplicando el concepto de eficiencia a la expresión anterior:

$$N_{ts} = \frac{N_n}{Ef_s} = \frac{N_n}{1 - RL}$$

de donde:

$$Ef_s = 1 - RL$$

siendo:

N_{ts} = Necesidades totales de agua en condiciones de riego con aguas salinas en mm/día

N_n = Necesidades netas máximas del cultivo en mm/día

R_s = Cantidad adicional de agua para lavado de sales

Ef_s = Eficiencia por salinidad del agua de riego.

RL = Mínimo requerimiento de lavado para controlar las sales en la zona circular

En ausencia de datos experimentales, el requerimiento de lavado en el riego localizado de alta frecuencia se determina mediante la siguiente fórmula:

$$RL = \frac{CE_{ar}}{2 \cdot \max CE_{es}}$$

siendo:

CE_{ar} = Conductividad eléctrica del agua de riego

CE_{es} = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo para un descenso de la producción de un 100 %

Para la aplicación de Ef_s , se tiene que tener en cuenta Ef_p , dado que los procesos de percolación de agua en el suelo que generan ambas eficiencias no se producen conjuntamente en el proceso del riego, actuando solo la eficiencia que provoca mayor pérdida de agua. En este sentido hay que distinguir:

- Cuando $Ef_p < Ef_s$, la cantidad de agua perdida por percolación es mayor que la necesaria para lixiviar sales, por lo que en este caso solo interviene Ef_p , siendo:

$$Ef_a = Ef_u \cdot EF_p$$


de donde:

$$N_t = \frac{N_n}{Ef_u \cdot Ef_p}$$

- Cuando $Ef_p > Ef_s$, la cantidad de agua necesaria para lixiviación de sales, es mayor que las de percolación no controlables. En este caso se debe de aplicar Ef_s . La eficiencia de aplicación viene dada por:

$$Ef_a = Ef_u \cdot EF_s$$

deduciéndose que:


$$N_t = \frac{N_n}{Ef_u \cdot Ef_s}$$

Biblioteca
UNIVERSITAS Miguel Hernández

Figura 2. Grado de tolerancia de los cultivos a las sales

GRADO DE TOLERANCIA DE LOS CULTIVOS A LAS SALES SEGUN LAS COSECHAS

Cultivo	100%		90%		75%		50%		Max ECE
	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw	ECe	ECw	
Cultivos extensivos									
Cebada 1/	0.0	5.3	10.0	6.7	13.0	8.7	18.0	12.0	28.0
Frijoles	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.6	2.4	7.0
Habas	1.6	1.1	2.0	1.0	4.2	2.0	6.8	4.5	12.0
Maíz	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10.0
Algodón	7.7	5.1	9.6	6.4	13.0	8.4	17.0	12.0	27.0
Caupís	1.3	0.9	2.0	1.3	3.1	2.1	4.9	3.2	9.0
Lino	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10.0
Maíz (cacahuete)	3.2	2.1	3.5	2.4	4.1	2.7	4.9	3.3	7.0
Arroz	3.0	2.0	3.8	2.6	5.1	3.4	7.2	4.8	12.0
Cárcamo	5.3	3.5	6.2	4.1	7.6	5.0	9.9	6.6	15.0
Sesbania	2.3	1.5	3.7	2.5	5.9	3.9	9.4	6.3	17.0
Sorgo	4.0	2.7	5.1	3.4	7.2	4.8	11.0	7.2	18.0
Soja	5.0	3.3	5.5	3.7	6.2	4.2	7.5	5.0	10.0
Remolacha azucarera	7.0	4.7	8.7	5.8	11.0	7.5	15.0	10.0	24.0
Trigo 1/	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.4	13.0	8.7	20.0
Cultivos hortícolas									
Frijoles	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.6	2.4	7.0
Remolacha 2/	4.0	2.7	5.1	3.4	6.8	4.5	9.6	6.4	15.0
Brécoles	2.8	1.9	3.9	2.6	5.5	3.7	8.2	5.5	14.0
Colas	1.8	1.2	2.8	1.9	4.4	2.9	7.0	4.6	12.0
Cantaloupes	2.2	1.5	3.6	2.4	5.7	3.8	9.1	6.1	16.0
Zanahorias	2.0	0.7	2.7	1.2	2.8	2.9	4.6	3.1	8.0
Pepinos	2.5	1.7	3.3	2.2	4.4	2.9	6.3	4.2	10.0
Lechugas	1.3	0.9	2.1	1.4	3.2	2.1	5.2	3.4	9.0
Cebollas	1.2	0.8	1.8	1.2	2.5	1.6	4.3	2.9	8.0
Pimientos	1.5	1.0	2.2	1.5	3.3	2.2	5.1	3.4	9.0
Papas (papas)	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10.0
Rábanos	1.2	0.8	2.0	1.3	3.1	2.1	5.0	3.4	9.0
Espinacas	2.0	1.3	3.3	2.2	5.3	3.5	8.6	5.7	15.0
Maíz dulce	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10.0
Batata	1.5	1.0	2.4	1.6	3.8	2.5	6.0	4.0	11.0
Tomates	2.5	1.7	3.5	2.3	5.0	3.4	7.6	5.0	13.0
Cultivos forrajeros									
Alfalfa	2.0	1.3	3.4	2.2	5.4	3.6	8.8	5.9	16.0
Cebada forrajera 1/	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.3	13.0	8.7	20.0
Pasto bermuda	6.9	4.6	8.5	5.7	10.6	7.2	14.7	9.8	23.0
Trébol bernia	1.5	1.0	3.2	2.1	5.9	3.9	10.3	6.8	19.0
Maíz forrajero	1.8	1.2	3.2	2.1	5.2	3.5	8.6	5.7	16.0
Pasto Harding	4.6	3.1	5.9	3.9	7.9	5.3	11.1	7.4	18.0
Pasto ovillo	1.5	1.0	3.1	2.1	5.5	3.7	9.6	6.4	18.0
Centeno forrajero	5.6	3.7	6.9	4.6	8.9	5.9	12.2	8.1	19.0
Pasto Sudán	2.8	1.9	5.1	3.4	8.0	5.7	14.4	9.6	20.0
Gélibano alto	3.9	2.6	5.8	3.9	8.6	5.7	13.3	8.9	23.0
Gramma del norte	7.6	5.0	9.9	6.6	13.3	9.0	19.4	13.0	32.0
Trébol grande	2.3	1.5	2.8	1.9	3.6	2.4	4.9	3.3	8.0
Trébol pequeño	5.0	3.3	6.0	4.0	7.5	5.0	10.0	6.7	15.0
Trigo forrajero	7.5	5.0	9.0	6.0	11.0	7.4	15.0	9.8	22.0
Cultivos frutales									
Almendras	1.5	1.0	2.0	1.4	2.8	1.9	4.1	2.7	7.0
Manzanas, peras	1.7	1.0	2.3	1.6	3.3	2.2	4.8	3.2	8.0
Albaricoques	1.0	1.1	2.0	1.3	2.0	1.0	3.1	2.0	6.0
Agucates	1.3	0.9	1.8	1.2	2.5	1.7	3.7	2.4	6.0
Dátiles	4.0	2.1	6.8	4.5	10.9	7.3	17.9	12.0	32.0
Higos, aceitunas, granadas	2.7	1.8	3.8	2.5	5.5	3.7	8.2	5.6	14.0
Uvas	1.5	1.0	2.5	1.7	4.1	2.7	6.7	4.5	12.0
Toronjas	1.8	1.2	2.4	1.6	3.4	2.3	4.9	3.3	8.0
Limonas	1.7	1.1	2.3	1.6	3.3	2.2	4.8	3.2	8.0
Naranjas	1.7	1.1	2.3	1.6	3.2	2.2	4.5	3.2	8.0
Melocotones	1.7	1.1	2.3	1.6	3.2	2.2	4.5	3.2	8.0
Ciruelas	1.5	1.0	2.3	1.6	2.6	1.8	4.3	2.8	7.0
Fresas	1.0	0.7	1.5	1.0	2.0	1.3	2.7	1.7	4.0
Nueces	1.7	1.1	2.3	1.6	3.3	2.2	4.8	3.2	8.0

Durante la germinación y naseencia la ECe no deberfa exceder 4 ó 5 mhos/cm. Los datos no son aplicables a las nuevas variedades semionanas de trigo.
 Durante la germinación ECe no deberá exceder de 3 mhos/cm.

Nota. Adaptado de *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos* (p. 178), por R.G. Allen, L.S. Pereira, D. Raes, M. Smith, 1998, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)

2.3.3.- Balance

Se va a realizar el balance entre las aportaciones y las necesidades en tres supuestos, cuyos datos, pasos y resultados serán expuestos en el **ANEXO Nº 2 CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS**.

-1º Supuesto: El agua de riego procede de una concesión administrativa de la depuradora de aguas residuales de la zona, que depura aguas de una población de 13.000 habitantes, con una producción diaria media por habitante y día de 700.000 litros en los meses de octubre a marzo y de 1.100.000 litros de abril a septiembre.

Para este supuesto, tras haber calculado previamente las necesidades totales del cultivo en el período de diez años, se presentan tres formas distintas para calcular la capacidad máxima de la balsa. El objetivo de estos cálculos es conocer el volumen máximo de agua que puede acumularse en la balsa en el transcurso del año, teniendo en cuenta tanto los aportes hídricos como el consumo destinado al riego.

- **1º Método:** Este método ya está descrito en el apartado 2.3, pero de forma breve: Se basa en un balance hídrico mensual. Se parte de un volumen inicial de agua almacenada y, mes a mes, se añade el caudal de aporte y se resta el consumo por riego. Este método permite conocer el comportamiento del almacenamiento de agua en función de las variaciones en los aportes y la demanda de riego a lo largo del año. En algún punto del año, este volumen alcanzará un valor máximo, el cual representa la capacidad que la balsa debe tener para garantizar el suministro necesario. Dando como resultado el que se da a continuación.

Figura 3. Capacidad máxima de la balsa

Riego (m ³)	Vol. Inicial (m ³)	Vol. Final (m ³)
5.376,93	34.772,74	51.095,81
8.885,02	51.095,81	61.810,80
16.879,96	61.810,80	66.630,84
25.007,94	66.630,84	74.622,90
54.105,50	74.622,90	54.617,40
50.625,72	54.617,40	36.991,67
56.620,99	36.991,67	14.470,69
48.570,69	14.470,69	0,00
32.772,97	0,00	227,03
19.318,70	227,03	2.608,33
7.213,38	2.608,33	16.394,95
3.322,21	16.394,95	34.772,74
328.700,00	414.243,17	414.243,17
Capacidad max de la balsa		74622,90 m³

Nota. Según el 1º Método del 1º Supuesto. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

- **2º Método:** Utiliza un enfoque acumulativo. En este caso, en lugar de analizar el balance mes a mes, se suman de manera progresiva los volúmenes de agua aportados y, de manera independiente, se suman también los consumos acumulados a lo largo del año. La diferencia entre ambos valores refleja el volumen de agua almacenado en la balsa en cada momento. El punto en el que esta diferencia alcanza su valor máximo determina la capacidad mínima que la balsa debe poseer para garantizar un almacenamiento adecuado. Si la balsa tuviera una capacidad inferior a este valor, en algún momento del año no podría contener todo el volumen acumulado, lo que generaría pérdidas de agua por desbordamiento. Por el contrario, si la capacidad de la balsa fuera menor que este valor máximo, en los meses de mayor consumo podría no haber suficiente agua disponible para cubrir las necesidades del cultivo.

Figura 4. Capacidad máxima de la balsa

Capacidad max de la balsa		=K25+K26
	max (+)	39.850,16
	max (-)	34.772,74

Nota. Según el 2º Método del 1º Supuesto. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025.

El resultado se da por la suma de ambos valores:

$$\text{Capacidad Máxima} = 39.850,16 + 34.772,74 = 74.622,9 \text{ m}^3$$

Ambos métodos llegan a la misma conclusión, ya que analizan la misma variable desde perspectivas diferentes. Esto permite validar el resultado obtenido y asegurar que la balsa cuenta con el volumen de almacenamiento suficiente para satisfacer las necesidades de riego sin riesgo de desbordamiento ni de déficit hídrico.

- 3º Método: Se emplea un método basado en optimización para calcular la capacidad máxima de la balsa. A diferencia de los métodos anteriores, donde los cálculos se realizaban de manera directa mediante balances o sumas acumulativas, en este caso se utiliza Solver, una herramienta de Excel que permite encontrar valores óptimos en función de restricciones establecidas. Este método sigue el mismo principio básico: determinar el volumen máximo de agua que se acumulará en la balsa a lo largo del año, teniendo en cuenta los aportes y consumos mensuales. Sin embargo, Solver permite ajustar automáticamente ciertos parámetros para minimizar o maximizar un valor objetivo, en este caso, la capacidad requerida de la balsa.

Solver se utiliza en este caso para encontrar el valor adecuado de la capacidad de la balsa que asegure que nunca se produzca un desbordamiento ni un déficit de agua. Esto se logra estableciendo las siguientes restricciones:

- El volumen de agua almacenado en la balsa no puede ser negativo en ningún momento.

- La capacidad de la balsa debe ser suficiente para almacenar el máximo volumen alcanzado a lo largo del año.
- Se ajusta un factor de corrección para optimizar los resultados y evitar sobreestimaciones o subestimaciones.

Solver ajusta iterativamente estos valores hasta encontrar la capacidad mínima necesaria que cumple con todas las restricciones impuestas. De este modo, se obtiene un resultado preciso y optimizado para la gestión del recurso hídrico.

El método basado en Solver permite obtener un cálculo más preciso y eficiente de la capacidad de la balsa en comparación con los métodos tradicionales. Al utilizar un enfoque de optimización, se garantiza que la balsa tenga la capacidad adecuada para abastecer el riego sin incurrir en sobredimensionamientos innecesarios, lo que contribuye a una gestión más eficiente del agua.

-2º Supuesto: El agua de riego procede de una concesión de aguas subterráneas de 350.000 m³/año. El pozo posee un bombeo que suministra un caudal de 100 m³/h, disponiendo de una tarifa eléctrica para riegos agrícolas, con discriminación horaria en las horas valle (de 24:00 h de la noche a 8:00 h de la mañana, de lunes a viernes y las 24 h los fines de semana). En este caso se pretende que el bombeo funcione durante las horas valle de consumo eléctrico.

En este supuesto serán utilizados dos de los métodos utilizados en el supuesto anterior:

- **1º Método:** En primer lugar, se realiza un balance hídrico tradicional, en el que se analiza el volumen de agua extraído y consumido mes a mes. Se tiene en cuenta el caudal del pozo, que es de 100 m³ por hora, y las horas en las que se permite su funcionamiento dentro del horario valle, lo que limita la cantidad de agua que se puede bombear diariamente. A partir de estos datos, se calcula la evolución del almacenamiento de agua en la balsa, observando cómo varía a lo largo del año en función de los aportes y consumos mensuales. Este análisis permite detectar los momentos en los que podría haber un exceso de agua o,

por el contrario, situaciones en las que el almacenamiento no sería suficiente para cubrir la demanda del riego.

Figura 5. Máximo volumen alcanzado

Mes	Vol. Final (m ³)
Enero	76,70
Febrero	24.566,30
Marzo	46.526,23
Abril	59.151,46
Mayo	44.084,07
Junio	31.227,94
Julio	13.658,47
Agosto	4.096,43
Septiembre	3.840,98
Octubre	4.496,15
Noviembre	3.951,19
Diciembre	4.320,17
Total	239.996,08

Nota. Según el 1º Método del 2º Supuesto. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

- 2º Método: Para mejorar la eficiencia del sistema, se emplea Solver, una herramienta de optimización de Excel, con el fin de encontrar la capacidad mínima necesaria para el almacenamiento y determinar la mejor forma de operar el bombeo. Con Solver, se establecen ciertas restricciones: el bombeo solo puede funcionar dentro del horario valle, lo que condiciona la cantidad de agua extraída en cada mes; la capacidad de la balsa debe ser suficiente para garantizar el suministro en los momentos de mayor demanda, pero sin sobredimensionar innecesariamente; y, además, se busca distribuir de manera eficiente el uso de la concesión anual de 350.000 m³ para evitar sobrepasarla o infrutilizarla.

Gracias a esta optimización, se logra un equilibrio entre la capacidad de almacenamiento y el régimen de bombeo, garantizando que haya suficiente agua disponible cuando se necesite, sin incurrir en costes innecesarios. Comparado con el método tradicional, este enfoque basado en Solver permite reducir el gasto energético y mejorar la gestión de

los recursos hídricos, asegurando un suministro adecuado sin sobrepasar la concesión ni desperdiciar agua.

-3º Supuesto: En este caso se estudia la procedencia del agua a través de un trasvase con aportaciones de 908 m³/día. En este caso, solo se utiliza un método, en el que parte de una estimación del volumen de agua necesario en cada mes y se calcula la cantidad de agua que debe ser trasvasada para evitar déficits.

Se tienen en cuenta factores como la disponibilidad de agua en la fuente de trasvase y la eficiencia del transporte del recurso hídrico hasta el punto de almacenamiento.

A lo largo de los meses, se comparan las aportaciones de agua y el consumo para determinar si en algún momento es necesario un trasvase adicional. Este análisis permite evaluar la capacidad de la balsa de almacenamiento en función de los requerimientos mensuales y asegurarse de que se dispone del agua suficiente para garantizar el riego sin generar desperdicios. A diferencia del cálculo basado en el bombeo del pozo, en este caso el enfoque se centra en la gestión eficiente del trasvase, asegurando que el volumen trasvasado sea el mínimo necesario para mantener el equilibrio hídrico.

Figura 6. Capacidad de la balsa

Diferencia	Máximo valor positivo	52.341,08
(m³)	Máximo valor negativo	53.430,14
	Capacidad de la balsa	105.771,22

Nota. Para el 3º Supuesto. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

Tras el análisis de los tres escenarios, se procede a realizar los cálculos de la balsa utilizando el escenario correspondiente al **2º Supuesto**, en el que el agua de riego procede de un pozo, por ser el más favorable desde el punto de vista técnico. En este contexto, partimos de una capacidad de balsa calculada de 59.151,46 m³.

Si queremos tener una reserva de seguridad, en el caso en que haya una rotura en el funcionamiento del bombeo, podemos establecer ese volumen de seguridad calculando el riego necesario durante los días en los que no funcionará el bombeo; así, si dividimos

el riego del mes de máxima necesidad (julio) entre el número de días (31 días), obtenemos el volumen de reserva de seguridad:

$$\text{Volumen de reserva} = \frac{56.319,47 \text{ m}^3/\text{mes}}{31 \text{ días/mes}} \cdot 4 \text{ días} = 7.267,03 \text{ m}^3$$

Por lo que el volumen útil final que buscamos en el diseño de la balsa será de:

$$59.151,46 + 7.267,03 \text{ m}^3 = \mathbf{66.418,49 \text{ m}^3}$$

De esta forma, si partimos de la balsa vacía, este volumen habría que aportarlo en los meses en los que el caudal de riego es menor al caudal aportado por el bombeo y supone un aumento entre un 10-12% del volumen determinado.

3- LOCALIZACIÓN DE LA Balsa

Las características del emplazamiento de una balsa son un factor determinante en la economía de su construcción y explotación, así como en su funcionalidad. La correcta elección de la zona de emplazamiento permitirá un mejor diseño de la geometría de la balsa y de sus instalaciones.

En la elección de la ubicación inciden un conjunto de criterios que se deben considerar ponderadamente para optimizar los condicionantes del diseño. Estos criterios son los siguientes:

- Accesibilidad
- Topografía
- Medioambientales
- Situación relativa respecto a las fuentes de suministro, a la red de distribución y a las zonas de demanda.
- Climatología e hidrología
- Geología y geotecnia
- Seguridad y evaluación de daños

3.1.- Criterios de accesibilidad

Se consideran las condiciones de movilidad de los medios constructivos durante la ejecución de las obras, la accesibilidad a la balsa desde la red viarias y la facilidad de acceso a las diferentes partes de la balsa para su mantenimiento y explotación.

3.2.- Criterios de topografía

El relieve del terreno incide en la idoneidad del emplazamiento de la balsa desde dos aspectos: de un lado, el volumen de tierras a mover, como diferencia entre el terreno original y la superficie final de la balsa; y de otro, su forma (geometría en planta), que incide en su rentabilidad.

Ambos factores influyen tanto en la economía de la construcción como en la estabilidad estructural de los desmontes y terraplenes que configuran el vaso. Es evidente que cuanto mayor sea el movimiento de tierras, mayor será el coste final.

La pendiente del terreno influirá en la altura de los diques en terraplén o las secciones en desmonte, agregando un factor de inestabilidad a los taludes que deberá compensarse con una menor inclinación de estos.

La forma del vaso de la balsa y su capacidad están directamente relacionadas entre sí y repercute en el coste unitario de su volumen de almacenamiento. Es sabido que, para un mismo perímetro, las formas más cuadradas o circulares ofrecen más capacidad que las formas más rectangulares.

3.3.- Criterios medioambientales y compatibilidad de usos

Los beneficios socioeconómicos derivados de la construcción de la balsa para el regadío no justifican en ningún caso los graves perjuicios que pudieran derivarse sobre el medio en su área de influencia.

Es indudable que este tipo de actuaciones introducen una importante alteración en el paisaje; no obstante, es posible minimizar el impacto producido actuando con criterios de preservación del medio y de mínima afección a los usos implantados.

Se puede resumir en tres aspectos fundamentales que deben ser analizados en el estudio previo del emplazamiento de una balsa:

- Alteración de las calidades paisajísticas del entorno. Además de la alteración del relieve original se puede producir la eliminación de elementos (naturales o no) que caracterizan el entorno, provocado por las obras complementarias de la ejecución del vaso de la balsa, como son los accesos, instalaciones de obra, vertederos, aliviaderos, etc.
- Recursos naturales suelo, agua, fauna y flora del área ocupada y su zona de influencia. La pérdida de suelo cultivable, la alteración de cuencas naturales, la eliminación de especies vegetales y la reducción del espacio biológico de la fauna, exigen una valoración previa que permita ponderar los beneficios y perjuicios del emplazamiento seleccionado.
- Actividades humanas preestablecidas que se afectan directa o indirectamente. Es importante establecer el equilibrio entre las diferentes actividades productivas o de ocio en el suelo disponible. La proximidad de usos residenciales al emplazamiento es una dificultad añadida a conseguir ese equilibrio.

3.4.- Criterios de situación relativa respecto a las fuentes de suministro

La función principal de una balsa de riego es poder regular los caudales disponibles. El emplazamiento de la balsa respecto al origen de las aguas de riego y la zona de consumo será un factor que influirá en la economía y funcionalidad de la instalación.

El origen de las aguas a regular puede ser: el punto de alumbramiento del agua subterránea, el punto de captación de agua superficial o el punto de toma de la red de distribución de agua de riego. La proximidad a la balsa reducirá el coste de las conducciones necesarias para el transporte del agua de riego.

Por otro lado, se encuentran las ventajas de distribuir el agua de riego por gravedad, sin necesidad de impulsión

El equilibrio entre la altura más conveniente (mínima) respecto a las fuentes de suministro y la altura deseable (máxima) para abarcar mayor superficie de zona regable permitirá establecer la cota idónea.

3.5.- Criterios de climatología e hidrología

La temperatura, el grado de insolación, el régimen de vientos y la pluviometría son factores que pueden influir en el diseño, construcción y explotación de la balsa.

La temperatura puede influir en:

- Evaporación del agua almacenada.
- Vida útil de los elementos degradables que componen la geomembrana de impermeabilización.
- Riesgo de eutroficación del agua embalsada.

La insolación tiene efectos negativos en la vida de los materiales de impermeabilización sensibles a los rayos ultravioletas.

La acción del viento también influye en la durabilidad de los elementos de impermeabilización.

La pluviometría puede considerarse un factor favorable al compensar la evaporación y ayudar al establecimiento de especies vegetales en los taludes exteriores de la balsa. Sin embargo, un régimen torrencial de lluvias puede provocar fenómenos erosivos, también las precipitaciones de granizo pueden causar graves daños sobre la geomembrana de impermeabilización.

La hidrología superficial puede afectar de dos formas:

- Puede ser un factor negativo, desde el punto de vista de tener que encauzar las escorrentías superficiales para proteger a la balsa.
- Puede ser un factor positivo si podemos aprovechar esos caudales de escorrentía para almacenarlos en la balsa.

La hidrología subterránea tiene su influencia en aquellas situaciones en las que el nivel freático no es muy profundo y los flujos de agua pueden aflorar en la excavación del vaso (como ocurre en algunas zonas de la Vega Baja del Segura).

3.6.- Criterios de geología y geotecnia

En las balsas de tierra es importante conocer la estructura y composición de los suelos del terreno, ya que son estos materiales los que se van a utilizar para la formación del vaso. Tanto la dificultad de la remoción del terreno como su aptitud para la formación de terraplenes son los dos factores con mayor incidencia.

En la estabilidad estructural de la balsa y en el volumen total de tierras a remover influye la inclinación de los taludes de proyecto, tanto en desmonte como en terraplén. A mayor tendido de los taludes mayor será el coeficiente de seguridad del terraplén y se reduce el riesgo de desprendimientos y deslizamientos del desmonte, pero aumentan los volúmenes de tierra a mover y por tanto el coste de la balsa

La estructura geológica donde se cimentará el dique principal requiere de una especial atención, aunque una estructura de contención de materiales sueltos exige menos requerimientos que otro tipo de materiales, como el hormigón.

La permeabilidad de los suelos existentes en el emplazamiento de la balsa tiene una incidencia relativa en el caso de balsas impermeabilizadas con geomembranas. (Amigo Rodríguez & Aguiar González, 1994)

La densidad y el rozamiento interno del material empleado en la formación de los diques son los parámetros fundamentales a la hora de diseñar la sección transversal del dique. Valores adecuados permitirán reducir las secciones del dique o disponer de mayores coeficientes de seguridad en la estabilidad del mismo. Su determinación es un aspecto muy importante en los estudios geotécnicos previos a la localización definitiva de la balsa.

3.7.- Criterios de seguridad y evaluación de daños

La construcción de una balsa puede ir acompañada de vicios o errores de diseño y construcción, que pueden provocar un deterioro parcial o su ruina total, provocando el desbordamiento de la estructura de contención y la avenida consiguiente.

El análisis previo de las consecuencias provocadas por la rotura de la balsa en plena capacidad puede permitir adoptar las medidas necesarias en su diseño y emplazamiento. (CEDEX, 2010).

Son tres aspectos básicos a considerar:

- Delimitación precisa del área de influencia del desbordamiento.
- Cuantificación de los bienes y actividades económicas localizadas en el área
- Poblaciones o núcleos de población existentes en la zona.

Las balsas de riego son infraestructuras estratégicas para el regadío. Gracias a ellas se puede almacenar agua en momentos de superávit para emplear dicho recurso en épocas de déficit y garantizar el suministro de agua y la producción de alimentos. Las balsas requieren ajustarse a los requerimientos legales en materia de seguridad.

De acuerdo con el **RD 9/2008 del 11 de enero**, todas las balsas que tengan una altura superior a 5 metros o capacidad superior a 100.000 m³ están sujetas a esta normativa. Se deberá realizar una propuesta de clasificación según su riesgo potencial en tres categorías diferenciadas:

- En primer lugar, las de **tipo A**, es decir, aquellas cuya rotura podría afectar gravemente a núcleos urbanos o a servicios esenciales, o producir daños materiales o medioambientales muy importantes.
- En segundo lugar, las de **tipo B**, cuya rotura podría ocasionar daños materiales o medioambientales importantes o afectar a un número reducido de viviendas.
- Por último, las de **tipo C**, que si se rompen podrían producir daños materiales de moderada importancia y sólo incidentalmente pérdida de vidas humanas.

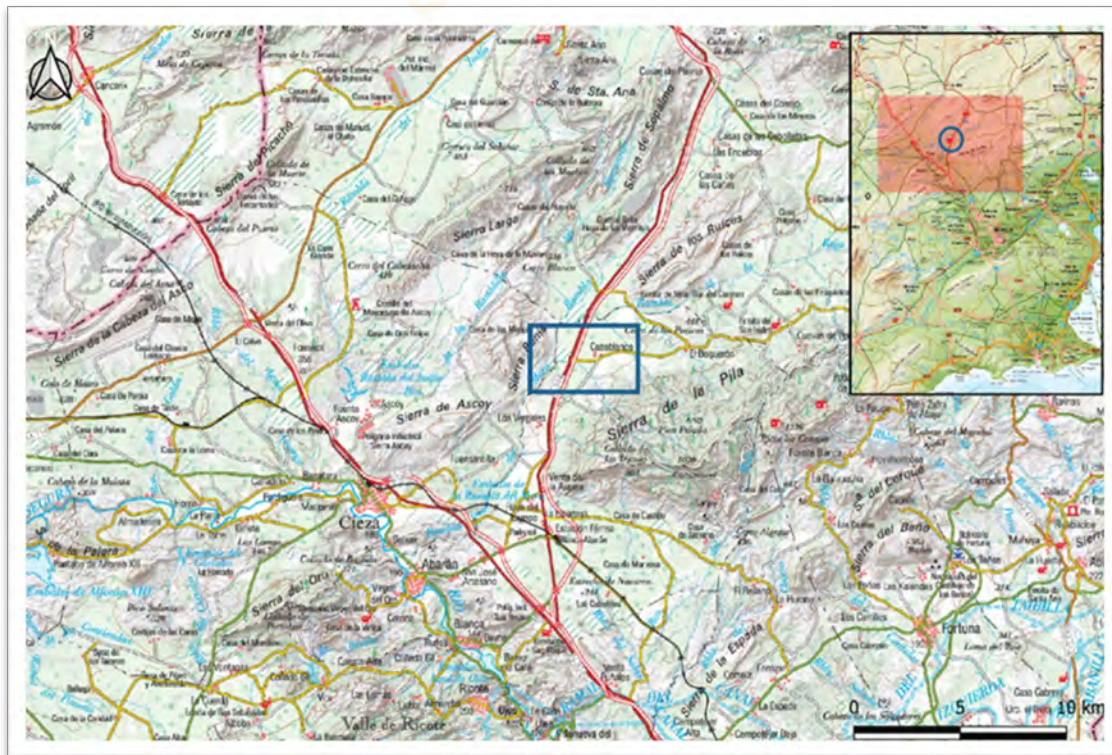
La Administración notifica la clasificación de esta en alguna de las tres categorías: A, B o C. (Ministerio de Justicia e Interior, 1995). A partir de aquí el titular debe aportar documentos adicionales. Por otro lado, es obligación del director de la explotación designar a un director de explotación competente (ingeniero agrónomo o caminos) y notificarlo a administración.

Localización, identificación y descripción de la finca

La explotación agrícola a la que dará servicio la balsa de riego se ubica en la localidad de Casablanca, en la pedanía de Venta de la Aurora, en el T.M. de Abarán (Murcia). Está situada a unos 12 kilómetros al noreste de la localidad de Abarán, al borde de la carretera N-344 Murcia-Jumilla y de la Autovía del Altiplano A-33.

La balsa de riego se ubica en una parcela, colindante con la explotación agrícola, pero que pertenece al municipio de Cieza, en el paraje de Ringonda. El límite municipal discurre de norte a sur entre la parcela donde se ubica la balsa y la parcela de la explotación agrícola, con la Rambla de la Raja como accidente geográfico delimita la línea límite jurisdiccional de ambos términos municipales.

Figura 7. Mapa de Localización sobre Mapa Provincial MP200

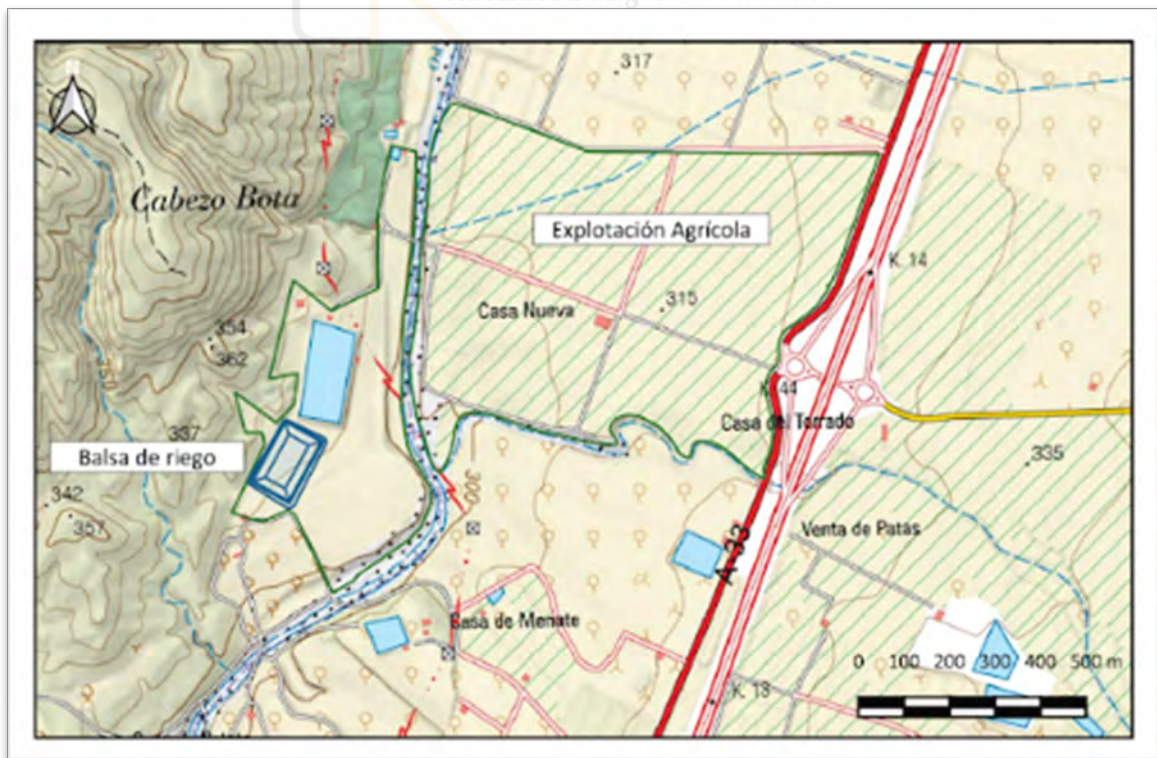


La balsa de riego se sitúa al oeste de la parcela, junto a una balsa existente, en las estribaciones del Cabezo Bota (428 msnm) en la Sierra de Benís.

Figura 8. Mapa de Situación sobre MTN50 (Hoja 0891)



Figura 9. Mapa de Emplazamiento sobre MTN25 (Hoja 0891-2)



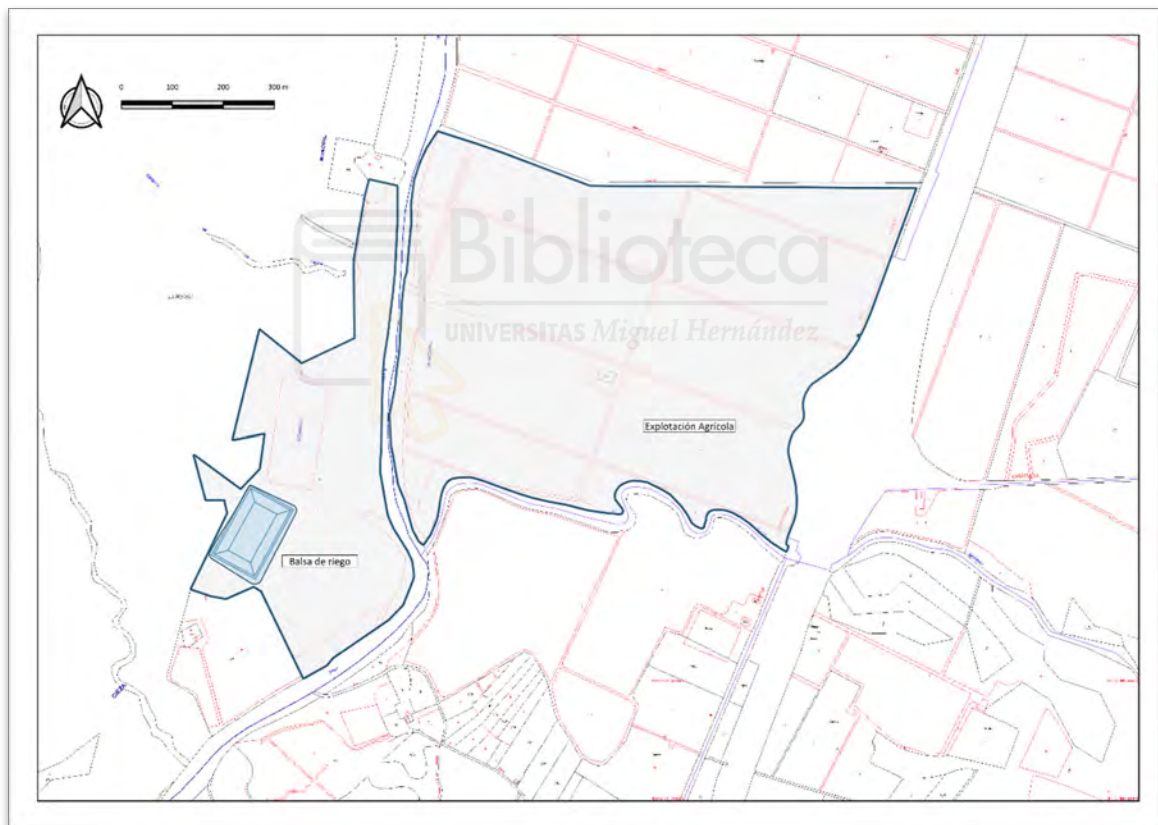
Identificación Catastral

Tabla 2. Identificación catastral de ambas parcelas

Descripción	Localización	Polígono	Parcela	Superficie	Ref. catastral
Balsa de riego	Ringonda. CIEZA (MURCIA)	9	20	200.212 m ²	30019ª00900020
Explotación agrícola	Casablanca. ABARÁN (Murcia)	1	4	565.244 m ²	30002ª00100004

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

Figura 8. Plano de Emplazamiento sobre Cartografía Catastral



Las coordenadas del centroide de la balsa de riego son:

Tabla 3. *Coordenadas del centroide de la balsa de riego*

Coordenadas de Localización				
UTM ETRS89 H30-N			ETRS89 Geográficas	
X	Y	Z	Longitud	Latitud
646.472,26	4.240.018,45	310,21	1º 19' 29,98"	38º 17' 46,69"

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

Figura 11. *Plano de Emplazamiento sobre Ortoimagen PNOA_MA*



Accesos

Se accede a la balsa y explotación agrícola a través de la Autovía del Altiplano A-33, en la salida 13, a través de la antigua carretera nacional N-344.

Entorno y topografía

La parcela donde se ubica la balsa de riego tiene una pendiente media del 5,4% de noroeste a sureste con una cota máxima de 315 msnm y una cota mínima de 295 msnm. Linda en su zona oeste con la Sierra de Benís y en su zona este con la Rambla de la Raja, que discurre de norte a sur por el lidero de la parcela. De esta rambla nace en el Barranco

del Sordo que discurre a lo largo de todo el lindero sur de la parcela de la explotación agrícola, cuya topografía presenta una pendiente media del 1,5% de noreste a suroeste, con una salida natural del agua a lo largo de la Rambla de la Raja y del propio Barranco del Sordo.

Justificación Urbanística

El emplazamiento de la balsa debe estar de acuerdo con la normativa urbanística que le afecte, en este caso, el Plan General Municipal de Ordenación (P.G.M.O.) del Excmo. Ayuntamiento de Cieza. La balsa está emplazada, según el Plan en:

- **Suelo No Urbanizable Inadecuado (SNUI).**

La Normativa del suelo (SNUI) es la siguiente:

TÍTULO III. NORMAS PARTICULARES SEGÚN LA CLASE DE SUELO

CAPÍTULO 3.1. NORMAS PARTICULARES DEL SUELO NO URBANIZABLE (SNU)

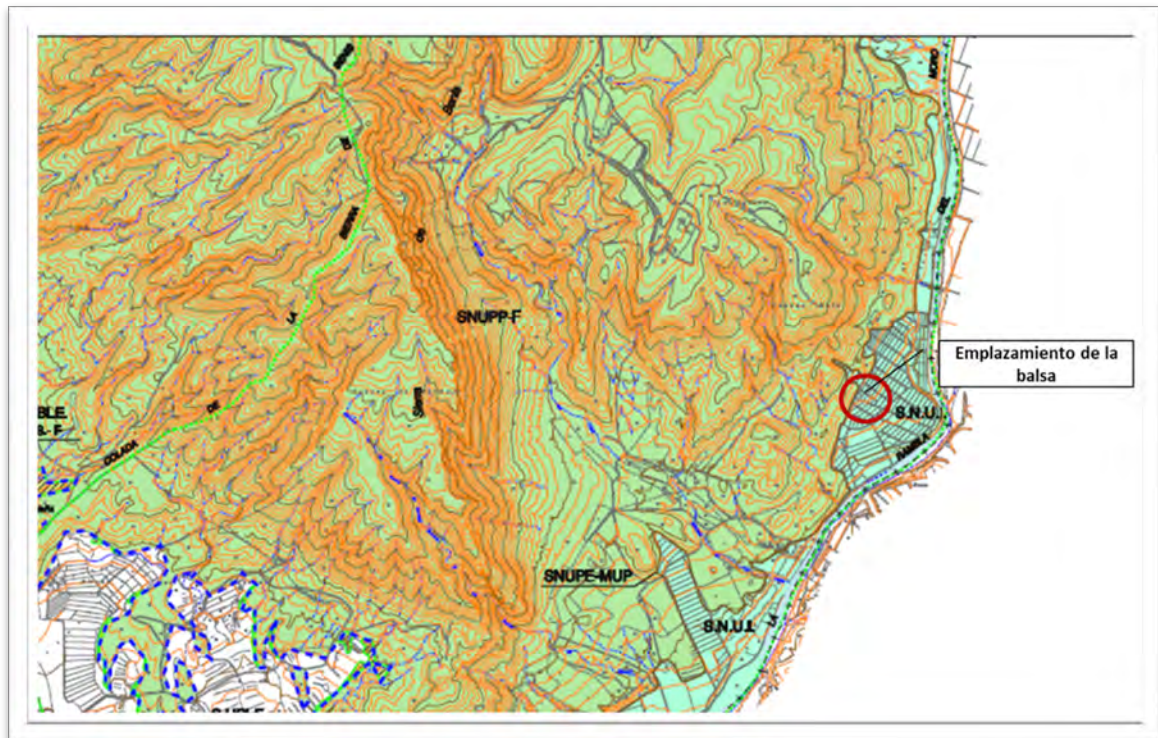
SECCIÓN PRIMERA. DEFINICIÓN, DELIMITACIÓN Y RÉGIMEN GENERAL

Artículo 3.1.2. Categorías y tipos

El suelo no urbanizable, SNU, de acuerdo con la regulación normativa establecida en el artículo 65 del Decreto Legislativo 1/2005 se divide en las siguientes categorías:

3. Suelo no Urbanizable Inadecuado (SNUI): Terrenos que el Plan General considere justificadamente como tales por imperativo del principio de utilización racional de los recursos naturales o por la necesidad de garantizar un desarrollo sostenible del territorio, de acuerdo con el modelo de desarrollo urbano y territorial definido por el planeamiento.

Figura 9. Emplazamiento sobre cartografía de Clasificación del Suelo



Nota. Adaptado del Plan General Municipal de Ordenación del Excmo. Ayuntamiento de Cieza (Hoja 6 de 9)

Artículo 3.1.15. Regulación particularizada de los usos

A. Uso agrícola

Comprende todo tipo de actividades relacionadas con la actividad productiva de cultivo del terreno, entendiéndose como tales la agricultura extensiva en secano o en regadío, la silvicultura, los cultivos experimentales especiales, la horticultura o floricultura, etc.

Este uso puede incluir la ejecución de obras y mejoras, tales como nivelación o acondicionamiento de tierras, caminos interiores de las explotaciones, investigación y captación de aguas subterráneas, construcción de acequias y azarbes al servicio de la propia explotación, instalaciones de riego, drenajes y saneamiento de tierras, plantaciones de especies forestales o agrícolas, y otras labores propias de la agricultura.

SECCIÓN SEXTA. REGULACIÓN DEL SUELO NO URBANIZABLE POR CATEGORÍAS Y TIPOS.**Artículo 3.1.29. Suelo no urbanizable inadecuado****A. Definición**

Comprende aquellas áreas del término municipal consideradas por el Plan General inadecuadas para su desarrollo urbano, de acuerdo con el modelo territorial y de desarrollo definido, para garantizar un desarrollo sostenible del territorio y la utilización racional de los recursos naturales. Son en su mayor parte terrenos improductivos, o cultivos de secano y/o regadío con agua procedente de pozos propios.

B. Condiciones de uso

- *Uso característico*

. *Agrícola y ganadero*

- *Usos compatibles*

. *Todos los regulados en el artículo 3.1.14 de las presentes Normas.*

- *Usos excepcionales, sometidos a la correspondiente autorización de acuerdo a lo dispuesto en el TRLSRM:*

. *Todos los regulados en el artículo 3.1.14 de las presentes Normas.*

- *Usos prohibidos*

Todos los que supongan actos urbanísticos que impliquen loteo de suelo y urbanización del territorio.

C. Condiciones de la parcela y la edificación

1. Se permitirán las edificaciones previstas en el artículo 3.1.18 del presente Capítulo 3.1. al servicio de los usos regulados en el apartado anterior (características y compatibles).

2. Las condiciones, tanto de las edificaciones que puedan construirse al amparo de los usos permitidos, como de la parcela mínima para albergarlas, serán las reguladas en el artículo 3.1.18 con las siguientes excepciones:

SNUI	Parcela mínima (m ²)	Ocupación máxima		Edificabilidad máxima	
		relativa	absoluta	relativa	absoluta
Vivienda vinculada (1) ²	10.000	2,00%	300 m ²	0,025 m ² /m ²	360 m ²
Almacenes (2)	5.000	1,00%	1.200 m ²	0,010 m ² /m ²	1.200 m ²
Casetas instalaciones (2)	2.000	1,00%	24 m ²	0,010 m ² /m ²	24 m ²
Naves (3)	10.000	10,00%	2.000 m ²	0,200 m ² /m ²	2.500 m ²

(1) Según artículo 77.2 del TRLSRM01/05, si la finca hubiera surgido de escritura pública de fecha anterior al 17 de junio de 2001, esta superficie mínima podrá ser de 5.000 m², manteniéndose como ocupación y edificabilidad máximas las cifras expresadas en la columna de "absoluta".

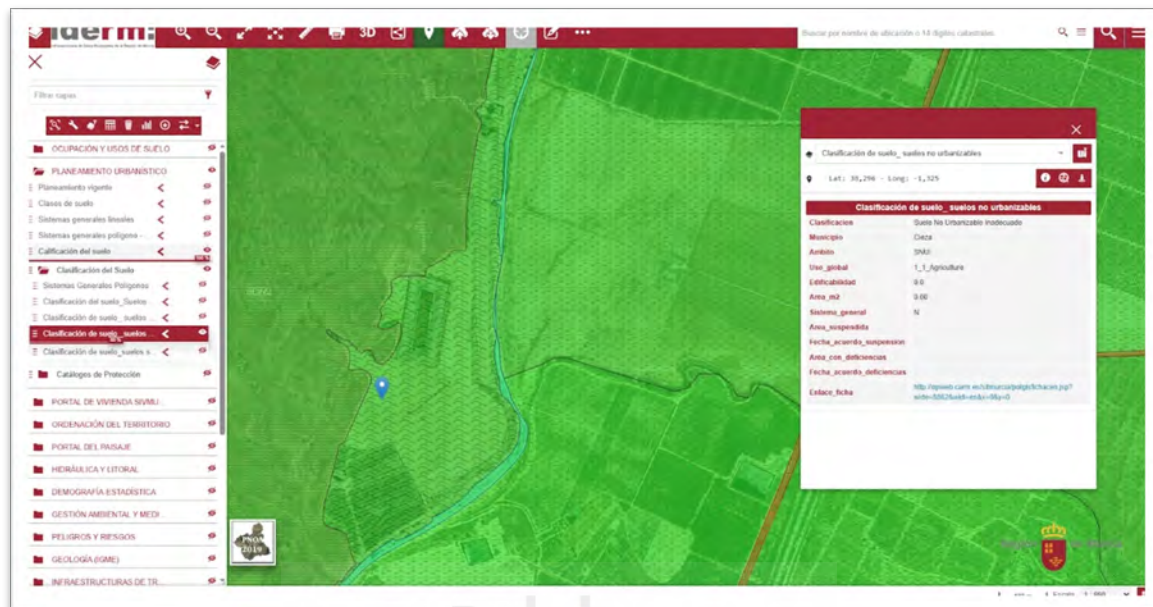
(2) Justificadas por el organismo agrícola correspondiente

(3) Sin justificación

3. Para actos de parcelación y reparcelación la dimensión mínima de la parcela será la establecida en la legislación agraria de aplicación.

A la vista de la Normativa del P.G.M.O. de Cieza, tanto la ubicación como la futura construcción de la balsa de regulación es compatible urbanísticamente con el uso del suelo, al tratarse de una instalación necesaria para la explotación.

Figura 13. Emplazamiento sobre el visualizador de la Infraestructura de Datos Espaciales de la Región de Murcia (IDERM) sobre la capa del Planeamiento Urbanístico



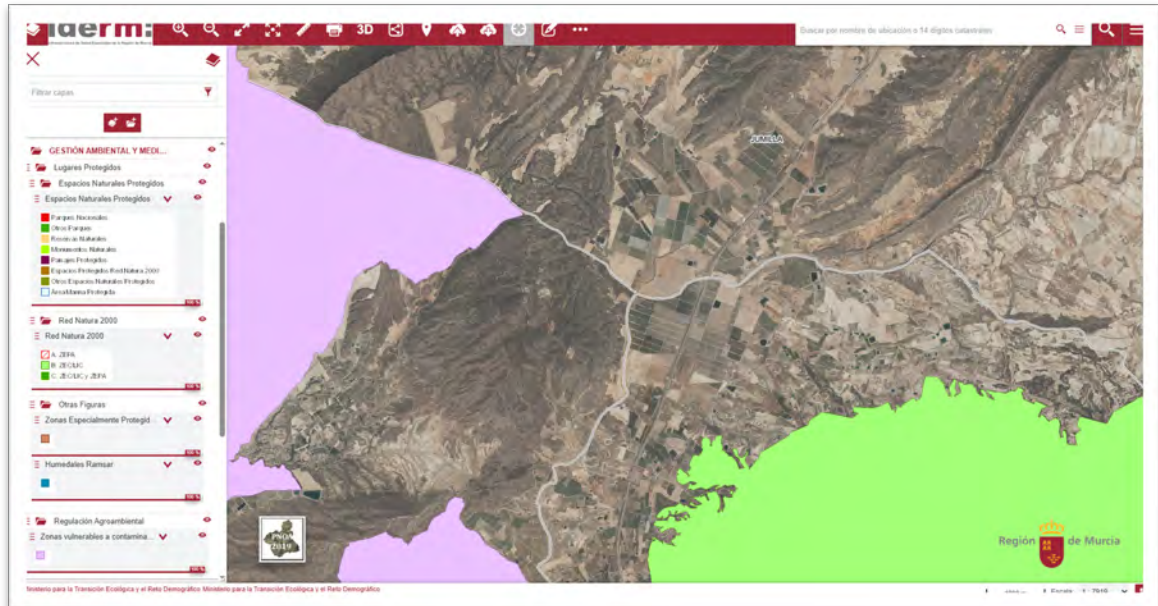
Nota. (<https://sitmurcia.carm.es/>)

Figuras de protección

Los terrenos donde se ubica la balsa no se encuentran incluidos en las delimitaciones de las siguientes zonas de Gestión Ambiental y Medio natural (MITRED), según los datos de información geográfica de la Infraestructura de Datos Espaciales de la Región de Murcia (IDERM):

- Red Natura 2000:
 - o Delimitación de Lugares de Interés Comunitario (LIC).
 - o Delimitación de Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA).
- Espacios naturales protegidos:
- Otras figuras:
 - o Zonas especialmente protegidas de Importancia para el Mediterráneo
 - o Humedales Ramsar
- Regulación Agroambiental:
 - o Zonas vulnerables a contaminación por nitratos (informe cuatrienio 2016-2019 Directiva 91/676/CEE).

Figura 14. Emplazamiento sobre el visualizador de la Infraestructura de Datos Espaciales de la Región de Murcia sobre las capas de Gestión Ambiental y Medio Natural (MITRED)



Nota. (<https://sitmurcia.carm.es/>)

4.- PARÁMETROS GEOMÉTRICOS Y VOLUMEN DE LA Balsa

Una vez descrita la procedencia y cuantía de las aguas previsibles a almacenar, el siguiente paso ha sido el diseño de la infraestructura de almacenamiento. En este apartado se llevará a cabo el diseño de una balsa reguladora de riego situada en el término municipal de Cieza (Murcia), para una explotación agrícola situada en el término municipal de Abarán (Murcia), que ocupa una superficie de 50,28 ha y tendrá una capacidad aproximada de 73.000 m³. La balsa se conectará con la estación de bombeo para aumentar las reservas de agua y mejorar la gestión de los riegos.

La sección será de tipo trapezoidal, y la base poligonal, con taludes, interior 2,5:1 y exterior 1,5:1 en terraplén. La altura total desde la solera a la coronación en el pasillo de servicio, será de 8,00 m, con un resguardo de 0,5 m.

La balsa tendrá los siguientes parámetros geométricos:

Tabla 4. *Parámetros geométricos de la balsa*

Cota Pasillo Coronación (msnm)	314,09
Cota Nivel Máximo Normal (msnm)	313,59
Cota Nivel Máximo Extraordinario (msnm)	313,79
Cota Fondo (msnm)	306,09
Profundidad (m)	8,00
Altura de resguardo (m)	0,50
Ancho Pasillo Coronación (m)	4,00
Talud Interior (H:V)	2,5/1
Talud Exterior Terraplén (H:V)	1,5/1
Talud Exterior Desmante (H:V)	1/1
Superficie de Coronación (m ²)	13.320
Superficie de Fondo (m ²)	5.400
Superficie de Taludes (m ²)	8.530,1
Perímetro de Coronación (m)	476,00
Superficie Lámina Vista (m ²)	13.930,1
Superficie Ocupada (m ²)	18.691

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

4.1.- 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 (Z_{cor}). Esta última se define como la cota más alta de la estructura resistente.

Existen dos tipos de resguardo:

- a) **Resguardo normal (R_{NORMAL}):** Se refiere al Nivel Máximo Normal (NMN) y debe ser igual o superior a la suma de la sobreelevación por caudal de cálculo del aliviadero (r_1) y 1,5 veces la sobreelevación por oleaje (r_2). Además, nunca debe ser menor a un metro.

- b) Resguardo mínimo (R_{MINIMO}):** Se refiere al Nivel Máximo Extraordinario (NME) y debe ser igual o superior a 1,5 veces r_2 .

La comprobación del resguardo se puede realizar mediante la siguiente expresión:

$$R_{NORMAL}(m) = Z_{cor} - NMN \geq r_1 + 1,5 \cdot r_2$$

Siendo:

$$r_1 = NME - NMN$$

r_2 : Altura de la ola (m)

Para el cálculo de la altura de la ola, existen tres expresiones diferentes:

$$r_2 = 1,2 \cdot \sqrt[4]{F}$$

$$r_2 = 0,9 \cdot \sqrt[4]{F}$$

$$r_2 = 0,6 \cdot \sqrt[4]{F}$$

Donde F es la longitud máxima de la balsa expresada en km, que en el caso que nos ocupa tiene un valor de 0,148 km.

Mediante los cálculos expuestos en el **ANEXO Nº 10 ALIVIADERO**, se fija un calado de 20 cm en el aliviadero. Siendo $r_1 = 0,2$

En este caso se utilizará la tercera fórmula al tener una balsa de bajas capacidades, obteniendo así, un valor de 0,372 m.

Una vez hemos obtenido este valor, sustituimos los valores en la ecuación de la R_{NORMAL} para obtener el resguardo que se debe dejar:

$$R_{NORMAL}(m) = Z_{cor} - NMN \geq r_1 + 1,5 \cdot r_2$$

$$R_{NORMAL}(m) = 314,4942 - 313,5942 \geq 0,2 + 1,5 \cdot 0,372$$

$$R_{NORMAL}(m) = 0,9 \geq 0,758$$

Complementariamente, la comprobación de que el resguardo mínimo tiene un valor suficiente se puede realizar mediante la expresión siguiente:

$$R_{MINIMO} (m) = Z_{cor} - NME \geq 1,5 \cdot r_2$$

$$R_{MINIMO} (m) = 314,4942 - 313,7942 \geq 1,5 \cdot 0,372$$

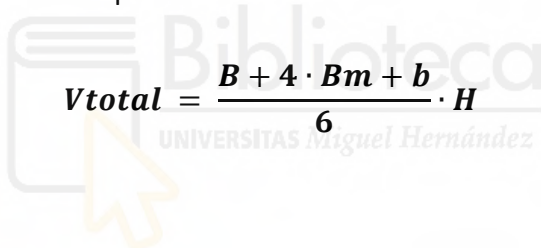
$$R_{MINIMO} (m) = 0,7 \geq 0,558$$

Si no se cumplen estas condiciones, se deberán tomar medidas como aumentar la capacidad del aliviadero o elevar la cota de coronación.

Todos estos cálculos se encuentran en la **Hoja de Excel** llamada **“RESGUARDO”**.

4.2.- Volumen total

Una vez establecidos los parámetros geométricos del embalse, obtenemos su capacidad total empleando la fórmula del prismoide.


$$V_{total} = \frac{B + 4 \cdot Bm + b}{6} \cdot H$$

Siendo:

V: volumen total (m³)

B: superficie de coronación (m²) = 13.320

Bm: superficie media (m²) = 8.960

b: superficie de la solera del embalse (m²) = 5.400

H: profundidad total del embalse (m) = 8,00

$$V = \frac{(13.320 + 4 \cdot 8.960 + 5.400)}{6} \cdot 8 = 72.747 \text{ m}^3$$

4.3.- Volumen útil

Para calcular el volumen útil de la balsa, es decir, el volumen de agua hasta la cota de máximo embalse, procedemos de la misma forma que en el apartado anterior, pero teniendo en cuenta la altura de resguardo adoptada.

$$V_{\text{útil}} = \frac{B' + 4 \cdot B'm + b}{6} \cdot Hu$$

$$V = \frac{(12.731,25 + 4 \cdot 8.714,06 + 5.400)}{6} \cdot (8 - 0,5) = 66.234,4 \text{ m}^3$$

Siendo:

V: volumen útil (m³)

B': superficie de coronación (m²) = 12.731,25

B'm: superficie media (m²) = 8.714,06

b: superficie de la solera del embalse (m²) = 5.400

Hu = H - Hr profundidad total del embalse (m) = 8 - 0,5

Tabla 5. Volúmenes de la balsa

Volumen Total (m ³)	72.747
Volumen Útil (m ³)	66.234

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

4.4.- Cubicación de agua embalsada

En las distintas Hojas de Cálculo de Excel que se aportan en este trabajo, en el denominado “**Datos_Iniciales**” más concretamente en la primera hoja, llamada “**Datos**” la cuál corresponde al cálculo del volumen total y útil necesario para la construcción de la balsa de riego de este presente trabajo. Utilizando las fórmulas de los dos volúmenes

ya mencionados, vamos jugando con el largo y ancho de la balsa (eligiendo medidas para que sea un rectángulo) así como con la profundidad (H (m)) hasta acercarnos al volumen deseado.

Como hemos calculado la capacidad máxima de la balsa, para el supuesto que hemos elegido (2º Supuesto: Pozo), debemos conseguir un volumen ligeramente superior (entre un 10% y un 12%) al calculado. Al obtener un volumen de 59.141,46 m³, hemos calculado las medidas para obtener un volumen útil de 66.234,36 m³, siendo estas de 148 m x 90 m x 8 m.

Figura 15. Datos iniciales

Datos Iniciales			
Lado A (m)	148,00	Lado A' (m)	145,50
Lado C (m)	90,00	Lado C' (m)	87,50
H (m)	8,00	H_u (m)	7,50
H_r (m)	0,50		
talud 1:	2,50		
t (m)	20,00	t (m)	18,75
$t/2$ (m)	10,00	$t/2$ (m)	9,38
Base coronación B (m ²)	13.320,00	Base coronación B' (m ²)	12.731,25
Lado Am (m)	128,00	Lado $A'm$ (m)	126,75
Lado Cm (m)	70,00	Lado $C'm$ (m)	68,75
Base media Bm (m ²)	8.960,00	Base media $B'm$ (m ²)	8.714,06
Lado a (m)	108,00	Lado a (m)	108,00
Lado c (m)	50,00	Lado c (m)	50,00
Base fondo b (m ²)	5.400,00	Base fondo b (m ²)	5.400,00
Volumen Total (m³)	72.747	Volumen Útil (m³)	66.234
$V_{total} = \frac{B + 4 \cdot B_m + b}{6} \cdot H$		$V_{util} = \frac{B' + 4 \cdot B'_m + b}{6} \cdot H_u$	

Nota. Se obtienen los volúmenes total y útil mediante la modificación de las medidas a mano. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

Una vez hemos calculado el volumen útil de la balsa, vamos a cubicar esa agua en los 7,5 m de la altura de la lámina (H_u (m)) que hemos obtenido. Estos cálculos están expuestos dentro del mismo Excel donde se ha calculado lo anterior, pero esta vez en la segunda hoja, llamada "**Cubicación**". Esta cubicación se ha realizado de 0,5 m en 0,5 m, el cual da estos resultados:

Tabla 6. Cubicación de volúmenes. Relación Altura-Volumen de agua

Altura de lámina (m)	Volumen de agua (m ³)
0,0	0,0
0,5	2.799,8
1,0	5.803,3
1,5	9.016,9
2,0	12.446,7
2,5	16.099,0
3,0	19.980,0
3,5	24.096,0
4,0	28.453,3
4,5	33.058,1
5,0	37.916,7
5,5	43.035,2
6,0	48.420,0
6,5	54.077,3
7,0	60.013,3
7,5	66.234,6

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

Figura 16. Gráfico de Altura-Volumen de agua de la balsa



Nota: Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

5.- MOVIMIENTO DE TIERRAS

El movimiento de tierras puede definirse como el conjunto de operaciones que se realizan con el terreno natural, con el objetivo de modificar las características del emplazamiento de la balsa para generar las estructuras de tierras necesarias para su construcción. De forma general, las operaciones de movimiento de tierras contemplan las siguientes actuaciones:

- Excavación o arranque.
- Carga, transporte y descarga.
- Extendido.
- Humectación o desecación.
- Compactación.
- Control.

Los movimientos de tierras se pueden clasificar en actuaciones en el vaso de la balsa, que constituye la zona de almacenamiento del agua, y que incluye las posibles zonas de ladera y desmonte, y en el dique de cierre ejecutado mediante estructuras de tierra (rellenos) como se indica a continuación.

5.1.- Vaso de la balsa

Las operaciones de movimiento de tierras en el vaso de la balsa, incluye el conjunto de las excavaciones y la preparación de la superficie del terreno en el que se va almacenar el agua.

5.1.1.- Desbroce y destocoado

Al inicio de la obra se lleva a cabo la limpieza y despeje de toda la masa vegetal, destocoando si hay árboles, así como la retirada de la capa vegetal.

La tierra retirada se acordona en las inmediaciones de la parcela, o bien se carga sobre camiones para depositarlo en zonas próximas (Fotografía 1), donde no estorbe a la obra.

Fotografía 1. Desbroce



Nota. Llenado de camiones con la tierra sobrante del desbroce. Tomado de *Limpieza de terrenos y parcelas* [Fotografía] Servicios punto viso, 2020, <https://serviciospuntoviso.com/limpieza-de-terrenos-y-parcelas/>

Es conveniente extender la tierra para favorecer la actividad floral.

Con esto se consigue:

- a) Evitar la incorporación de material orgánico en los terraplenes.
- b) Permitir su incorporación posterior en el talud exterior del terraplén, para facilitar su protección mediante la flora natural de la zona.

El extendido se realiza a una altura inferior a 50 cm, al objeto de facilitar su aireación y su poder germinativo.

El mejor momento de echar la tierra en los taludes exteriores, son los meses que van de octubre a marzo.

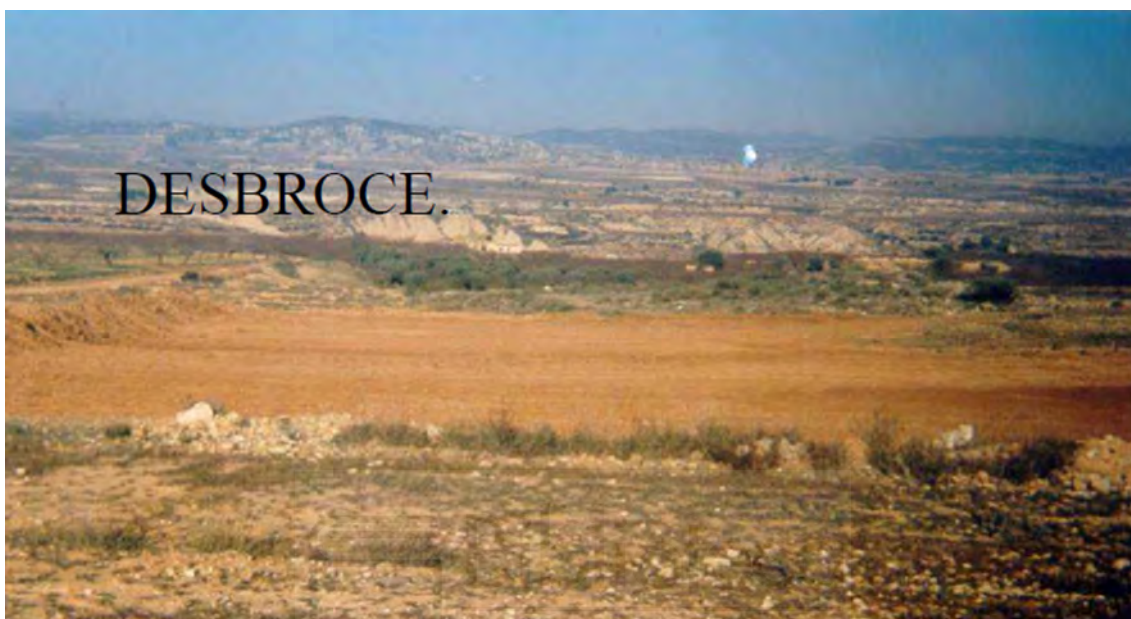
Los cálculos del volumen de desbroce se encuentran descritos de forma detallada en el **ANEXO Nº7 USO APLICACIÓN CIVIL 3D**, más concretamente en el apartado **3. Balsa con Civil 3D**. Obteniendo el área total ocupada por la balsa: **18.691 m²**.

En este diseño hemos considerado, una profundidad de desbroce de unos **20 cm**, por lo que tendremos:

Volumen de desbroce: $18.691 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m} = 3.738 \text{ m}^3$

Se trata de un volumen de tierra que no vamos a poder utilizar, por lo que el volumen neto requerido será de: **-3.738 m^3** (volumen que debemos sumar al volumen de desmonte para compensar el volumen de terraplén).

Fotografía 2. Desbroce



Nota. Tomado de *Ejecución de balsas para riego. Parte I* [Fotografía] Ramón de los Santos Alfonso, 2018.

5.1.2.- Desmonte

Definimos como desmonte el arranque de un volumen considerable de tierras, donde se emplea el arado para rasgar el terreno sobre una basta superficie y la hoja laminadora para acopiar. Empleamos el término excavación cuando se refiere a trabajos lineales, puntuales, como zanjas para tuberías, obras de fábricas o cimentación de zapatas.

Los suelos se clasifican según su resistencia a ser rajado por un arado, como suelos ligeros o francos, si presenta facilidad. Rocas, los que no pueden ararse y tránsitos, a los intermedios, como la mostrada en la Fotografía 3. La forma de trabajar el arado en terrenos ligeros, es con tres arados, los de tránsitos con un rejón central. Cuando no es posible ararlo con tractor de suficiente potencia, se recurre al martillo percutor de la retro, si el volumen no es alto. Si es voluminoso, se recurre a explosivos.

Fotografía 3. Hojas de empuje grande D-9



Nota. Maquinaria con suficiente potencia para realizar desmonte en tránsito con materiales formados por rocas descompuestas, buzamientos de estratos sedimentarios, muy compactas. Tomado de Hojas de empuje grande D9 [Fotografía] CAT, 2021, https://www.cat.com/es_ES/products/new/equipment/dozers/large-dozers/104260.html

De forma general, la excavación de los materiales tipo roca se realizará mediante voladuras controladas y en los materiales tipo suelo, mediante medios mecánicos. El Pliego de Prescripciones Técnicas, o Pliego de Condiciones, establecerá la forma de abordar el procedimiento de excavación.

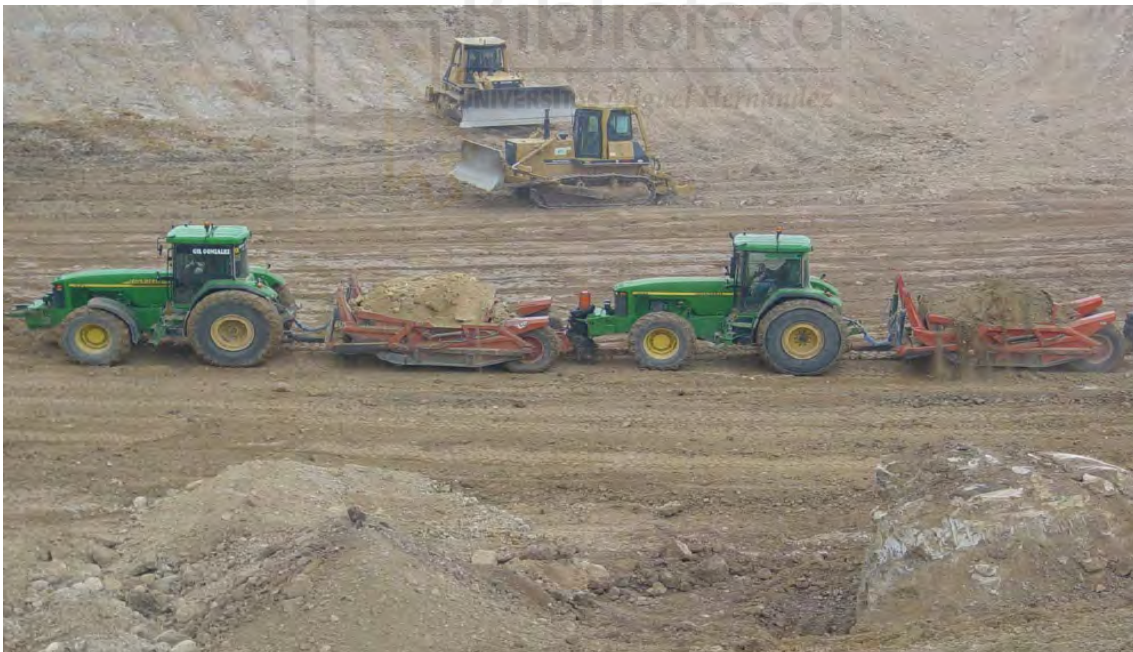
El proceso de ejecución de un desmonte debe contemplar las operaciones de excavación, nivelado y perfilado del terreno natural, así como el transporte de los materiales excavados a los lugares de acopio y/o vertedero.

Fotografía 4. Arranque y acopio



Nota. Tomado de *Ejecución de balsas para riego. Parte I* [Fotografía] Ramón de los Santos Alfonso, 2018.

Fotografía 5. Carga y transporte



Nota. Tomado de *Ejecución de balsas para riego. Parte I* [Fotografía] Ramón de los Santos Alfonso, 2018.

La pendiente de los taludes debe ser objeto de estudio de acuerdo con las características geotécnicas de los materiales que los forman. A modo orientativo, se pueden considerar como taludes a adoptar los siguientes:

Desmontes en suelo: 3H:2V a 1H:2V

Desmontes en roca: 1H: 1V a 1H:2V

En cualquier caso, los taludes que finalmente se adopten deben ser compatibles con las características mecánicas y con los procedimientos de puesta en obra de los elementos de impermeabilización y de protección.

Para evitar el desplome de estas tierras desmontadas puede ser necesario la construcción de gaviones, pedraplenes sobre los taludes a modo de escollera, etc., para estabilizar el terreno desmontado.

En la base o pie del talud del desmonte se suelen construir cunetas revestidas para recoger el agua del desmonte y canalizarla a lugares seguros, evitando la acumulación permanente que pueda deteriorar la base del talud.

5.1.3.- Terraplén

5.1.3.1.- Partes del terraplén

En las presas de tierras comprenden tres partes: a) Cimentación; b) Cuerpo o dique (con núcleo o no) y c) coronación.

5.1.3.2.- Plano de Fundación y explanada

El plano de fundación (PF) es el espacio del terreno natural, compactado, dispuesto para recibir material para formar el cuerpo del terraplén o dique a construir. Forma la cimentación.

Si el terreno posee un desnivel. terrazas de nivelación por estar abancalado, encauzamientos naturales de lluvias, se construyen escalones para formar el P.F.

La base del terraplén, debe estar exenta de tierra vegetal. Debe poseer un CBR con suficiente capacidad portante. En el caso de no tener capacidad portante, se vaciarán estos terrenos hasta encontrar suficiente firmeza en la cimentación para comenzar el arranque del cuerpo del terraplén.

Algunas cimentaciones necesitan las formaciones de drenes con materiales granulares, para permitir el paso subterráneo del agua.

EL P.F. recibe una compresión estática por el peso vertical del material soportado, que transmite a las capas inferiores, debiendo ser los asientos diferenciales mínimos.

Conforme se comienza a terraplenar sobre el P.F., se forma la explanada, de forma uniforme y compactada para recibir de nuevo sucesivas tongadas que vuelven a formar nuevas explanadas.

Fotografía 6. *Compactación de taludes*



Nota. Tomado de *Ejecución de balsas para riego. Parte I* [Fotografía] Ramón de los Santos Alfonso, 2018.

Durante el extendido, la explanada sufre modificaciones en su estructura física por el movimiento de la maquinaria. Para conservar y preservar la humedad y compactación adecuada, al objeto de no alterarla, daremos pases de riegos por la zona de tránsito de la maquinaria.

Según aumenta la cota, disminuye la anchura de la explanada, según espesor de la tongada.

La forma de transmitirse las presiones, se realiza en forma de pirámide y se produce en cada capa de tongadas una diferenciación de densidades.

La compactación de la explanada se comienza desde el borde del vaso interior hacia el exterior, comenzando en el principio con vibración fuerte y después de los 3/5 pases, se

termina con poca vibración para no romper la estructura ya compactada. Si el material es excesivamente permeable, las reposiciones del agua son permanentes.

Si la altura del terraplén es importante (mayor a 10 metros de altura), suele escarificar la explanada terminada, para incorporar el agarre de la siguiente y no crear diferenciación de compactaciones.

5.1.3.3.- Compactación del terraplén

Necesitamos el mayor peso por volumen posible en el terraplén. Máxima densidad. Para conseguir esto añadimos el agua para lubricar el árido, dando los pasos necesarios para conseguir el Proctor deseado. Si queremos un 95% de Proctor Modificado, consideraremos la granulometría, la humedad, la velocidad del compactador, la compactación dinámica deseada y la altura de la tongada. Estos parámetros están relacionados, de tal manera que una velocidad alta, nos dará una menor compactación dinámica.

La fórmula teórica que analiza los metros cúbicos compactado por hora es la siguiente:

$$\frac{C}{h} = A (m) \cdot V \left(\frac{Km}{h} \right) \cdot \frac{E (mm)}{P}$$

Donde: A = Ancho que cubre.

V = Velocidad.

E = Espesor tongada.

P = Número de pases.

La forma de compactar guarda relación directa con la clasificación del suelo, según su granulometría y plasticidad.

En la compactación del terraplén, dependiendo del esfuerzo, distinguimos:

- Peso estático o presión: sometidos a un peso (Pata cabra).
- Amasamiento: manipulando el material para echar fuera el aire.
- Percusión o golpe violento: vibración y repetición de golpes.
- Sacudida.

Los distintos sistemas de compactar obedecen a las características de los materiales, donde la arena, yesos, limos y «bolos», son difíciles de compactar.

Las clases de compactadores pueden ser:

- Ruedas.
- Patas de cabras: El peso estático es más alto que el rodillo liso, amasándose al mismo tiempo el material. Está indicado para materiales plásticos.
- Rodillo liso con vibración: El más utilizado, con variaciones de amplitudes de vibración, según la resonancia del terreno. Existen tablas de resonancia de los distintos materiales, así la arena gruesa debe realizarse de 1.000 a 1.250 vibraciones. En general la respuesta de vibración del terreno debe coincidir con el siguiente golpe de modo armónico, sin resquebrajar el suelo.
- Pata de cabra + vibración.
- Neumáticos pesados.
- Tampín arrastrado: Pisones, parecidos al de pata de cabra.
- Tampín de alta velocidad.
- Raigón: Ruedas de neumáticos con bandas metálicas de pisones.

Un defecto en la compactación con materiales plástico es el exceso de humedad en tongadas anteriores (barros), donde se forman «blandones», que son como un colchón que cede cuando pasa el rodillo.

Fotografía 7. Compactación dinámica



Nota. Tomado de *Ejecución de balsas para riego. Parte I* [Fotografía] Ramón de los Santos Alfonso, 2018.

Este defecto se nota cuando los camiones forman rodadas señaladas en el terreno. También se pueden formar «blandones» por falta de humedad, por quedar zonas secas.

Los distintos tipos de compactación, según el material, son:

- COMPACTACIÓN DE MATERIALES FINOS.
- COMPACTACIÓN DE MATERIALES GRANULARES.
- COMPACTACIÓN HETEROGÉNEA.

5.1.3.4.- Control de alineaciones y anchura de explanada

Mantener las alineaciones del cuerpo del terraplén, según se va subiendo en altura, reponiendo las referencias e insistiendo en alineaciones correctas, donde al mismo tiempo se pondrá la altura que falta, comprobando el ancho que corresponda a la explanada.

La explanada debe tener la misma cota en su extensión y anchura, según se va subiendo uniformemente el terraplén. Debe poseer suficiente anchura para evitar fallos, puesto que los rellenos posteriores, no dan seguridad en su compactación. Mejor que sobre para después recortar sobre terreno compactado.

5.1.3.5.- Control de la compactación

Alcanzar la máxima densidad:

- Terrenos arcillosos de 1,45 a 1,7 t/m³ (menos de 1,45 son peligrosos).
- Terrenos limo-arcillosos de 1,6 a 1,85 t/m³
- Terrenos areno-arcillosos (margas) de 1,75 a 2,15 t/m³

Antes de iniciar cualquier movimiento de tierras, tomaremos muestras de los distintos materiales que tengamos y prepararemos en el laboratorio, las pruebas representativas de los ensayos de Proctor, que nos dará la capacidad del terreno para ser compactado (densidad máxima y humedad óptima de compactación).

El seguimiento de compactación se realiza por altura de tongada con dos métodos:

- De arena o normal.
- El nuclear.

Los resultados hechos en un muestreo se detallan en un croquis, señalando el sitio donde se realizó, con referencia a la altura del terraplén.

Si los resultados obtenidos son bajos en un porcentaje amplio, se aconseja cambios en la fórmula de trabajo, es decir, aumento del número de pases, velocidad, humedad, menor altura de tongada.

Fotografía 8. *Perfilado de taludes*



Nota. Tomado de *Ejecución de balsas para riego. Parte I* [Fotografía] Ramón de los Santos Alfonso, 2018.

5.1.3.6.- Control de la compactación

Normalmente suelen proyectarse taludes interiores tendidos, como 3:1, 2,5:1 y llegar al 2:1 en balsas de escaso volumen. En balsas totalmente excavadas en el terreno se llegan a inclinaciones mayores, como 1,5:1, 1:1 e incluso paredes verticales, si bien, dificultan de cierta forma su impermeabilización.

En caso de tener materiales pedregosos sobre el talud, se procederá a recubrir con una capa de arena (<5 cm), de plasticidad seca, distribuyéndola de forma uniforme, regándola posteriormente y pisarla mediante pisón o rana vibrante de forma manual.

Tanto el talud como la solera del vaso no deben contener restos de raíces, ni piedras con aristas.

En la solera del vaso se dejarán pendientes que aseguren la evacuación de toda el agua almacenada. Las pendientes serán del orden del 1,5%

5.2.- Cálculo del movimiento de tierras

La optimización del cálculo de los volúmenes de desmonte y terraplén se ha realizado con la aplicación Civil 3D y se encuentran descritos en el **ANEXO Nº7 USO APLICACIÓN**

CIVIL 3D, más concretamente en el apartado **3. Balsa con CIVIL 3D**. El primer objetivo al diseñar la balsa es que el volumen de desmonte se iguale con el volumen de terraplén, para abaratar los costes, ya que el transporte a vertedero autorizados de las tierras sobrantes supone un sobrecoste importante; también puede suponer un sobrecoste tener que acceder a tierras de préstamo para ejecutar el movimiento de tierras de la balsa.

En los cálculos realizados con la aplicación se han utilizados dos métodos:

5.2.1.- Volumen por diferencia de mallas (superficies)

Se trata del método más preciso y los resultados obtenidos son los que se deben incorporar a la documentación de un futuro proyecto de la balsa. La determinación de los volúmenes de desmonte y terraplén se obtiene mediante la comparación por procedimientos informáticos de la malla obtenida del Modelo Digital del Terreno (superficie: "TERRENO") con la malla generada en la explanación de la balsa (superficie: "BALSA").

Tabla 7. Cálculo de volúmenes a partir del método de diferencia de superficies

DATOS POR DIFERENCIA DE MALLAS	
Superficie base	"TERRENO"
Superficie de comparación	"BALSA"
Factor en desmonte	1
Factor en terraplén	1
Superficie Ocupada	18.530,21 m ²
Superficie de Desmonte	9.167,91 m ²
Superficie de Terraplén	9.362,30 m ²
Volumen de desmonte	30.340 m ³
Volumen de terraplén	26.618 m ³
Volumen neto	3.722 m ³

Nota. Se calcula el volumen a partir de la diferencia entre dos superficies: la superficie original del terreno y la superficie modificada (por ejemplo, balsa). Se usa software CAD o GIS para obtener esas superficies y restarlas. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

5.2.2.- Volumen por diferencia de perfiles transversales

Para la determinación de los volúmenes de desmote y terraplén se emplea la fórmula de la sección media, un método sencillo y aproximado de cálculo, que consiste en determinar la semisuma de las áreas de las dos secciones transversales y multiplicarla por la distancia entre ellas:

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot d$$

Siendo:

V: volumen total (m³)

S₁: superficie de desmote o terraplén del perfil 1 (m²)

S₂: superficie de desmote o terraplén del perfil 2 (m²)

d: distancia entre perfiles (m)

Tabla 8. Volúmenes totales

P.K.	Área de desmote (m ²)	Volumen de desmote (m ³)	Área de terraplén (m ²)	Volumen de terraplén (m ³)	Vol. desmote acumul. (m ³)	Vol. terraplén acumul. (m ³)	Vol. neto acumul. (m ³)
0+000	0	0	0	0	0	0	0
0+010	0	0	454,12	2270,61	0	2270,61	-2270,61
0+020	0	0	457,25	4556,87	0	6827,48	-6827,48
0+030	25,21	126,07	175,67	3164,61	126,07	9992,09	-9866,02
0+040	162,09	936,54	155,12	1653,95	1062,61	11646,04	-10583,43
0+050	176,53	1693,12	145,09	1501,08	2755,72	13147,12	-10391,4
0+060	192,11	1843,2	134,1	1395,96	4598,92	14543,08	-9944,16
0+070	211,9	2020,04	121,73	1279,13	6618,97	15822,21	-9203,24
0+080	232,94	2224,21	110,68	1162,04	8843,18	16984,24	-8141,06
0+090	254,83	2438,89	102,34	1065,08	11282,07	18049,32	-6767,25
0+100	275,15	2649,9	95,9	991,21	13931,98	19040,53	-5108,55
0+110	295,17	2851,58	89,86	928,84	16783,56	19969,37	-3185,81
0+120	311,04	3031,06	83,49	866,76	19814,61	20836,13	-1021,52
0+130	323,69	3173,64	75,9	796,94	22988,26	21633,07	1355,19
0+140	335,18	3294,31	72,51	742,04	26282,56	22375,11	3907,45
0+150	210,18	2726,75	69,13	708,2	29009,32	23083,32	5926,00
0+160	4,7	1074,37	145,71	1074,18	30083,69	24157,5	5926,19
0+170	0	23,49	143,69	1446,97	30107,18	25604,47	4502,71
0+180	0	0	0	718,44	30107,18	26322,91	3784,27

Nota. La elaboración de esta tabla se encuentra explicada, tanto escrita, como gráficamente en el **ANEXO 7. USO APLICACIÓN CIVIL 3D**. Fuente: Elaboración propia.
 Laura Sánchez Martínez, 2025

Tabla 9. Cálculo de volúmenes a partir del método de perfiles transversales

DATOS POR PERFILES TRANSVERSALES	
<i>Existing Ground (EG)</i>	“TERRENO”
<i>Datum</i>	“BALSA”
Factor en desmonte	1
Factor en terraplén	1
Volumen de desmonte	30.107 m ³
Volumen de terraplén	26.323 m ³
Volumen neto	3.784 m ³

Nota. A través de CIVIL 3D, se calcula el área de varias **secciones transversales** (perfiles) a lo largo del terreno y de la balsa y luego se integra o promedia esas áreas para obtener el volumen. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

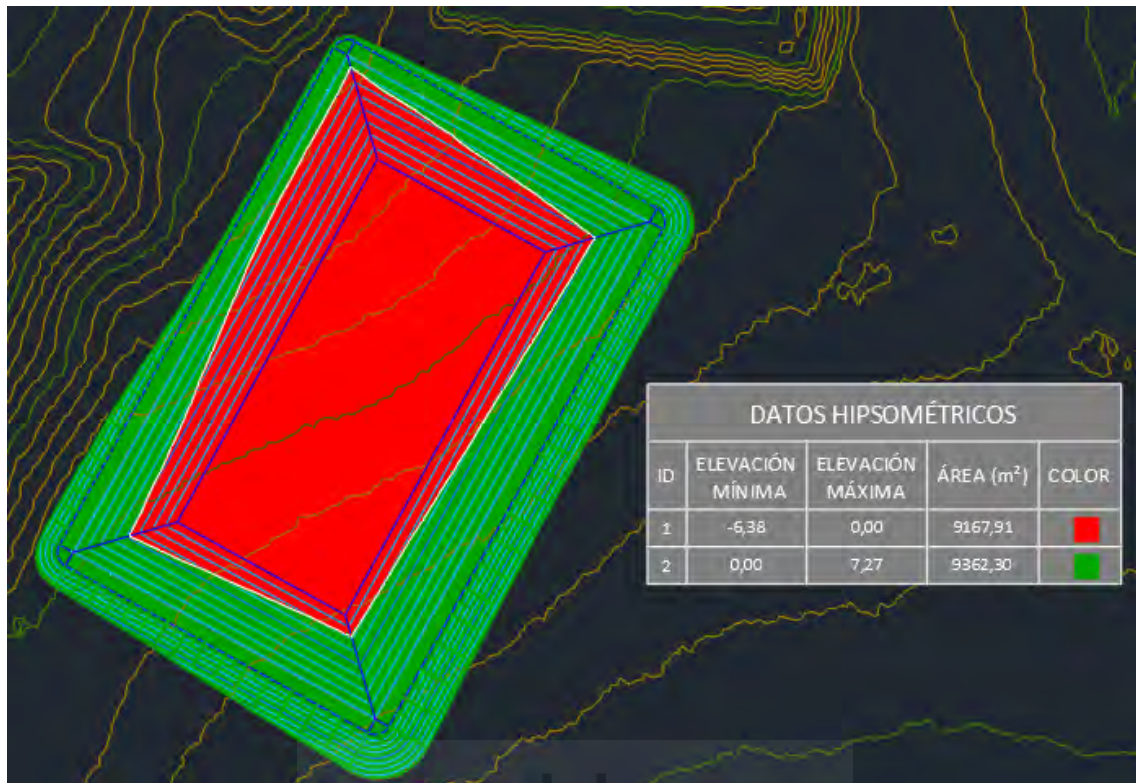
5.2.3.- Línea de paso

Es la línea que une todos los puntos intersección entre desmonte y terraplén (llamados puntos de transición o puntos neutros). En el replanteo de la balsa es importante referenciar esa línea con el objeto de evitar realizar trabajos innecesarios.

La aplicación Civil 3D nos proporciona esa línea a partir de la superficie obtenida definida por la superficie base “TERRENO” y la superficie de comparación “BALSA”. A esta nueva superficie obtenida, podemos realizar un análisis de las elevaciones obtenidas, que van desde la elevación mínima (valores negativos) que indica desmonte del terreno, a elevación máxima (valores positivos) que indica terraplén del terreno, pasando por una elevación nula (valor 0) que corresponde a la línea de paso.

De esta forma, podemos establecer una hipsometría de 2 intervalos donde la curva de nivel de cota “0” nos proporciona la línea de paso del movimiento de tierras.

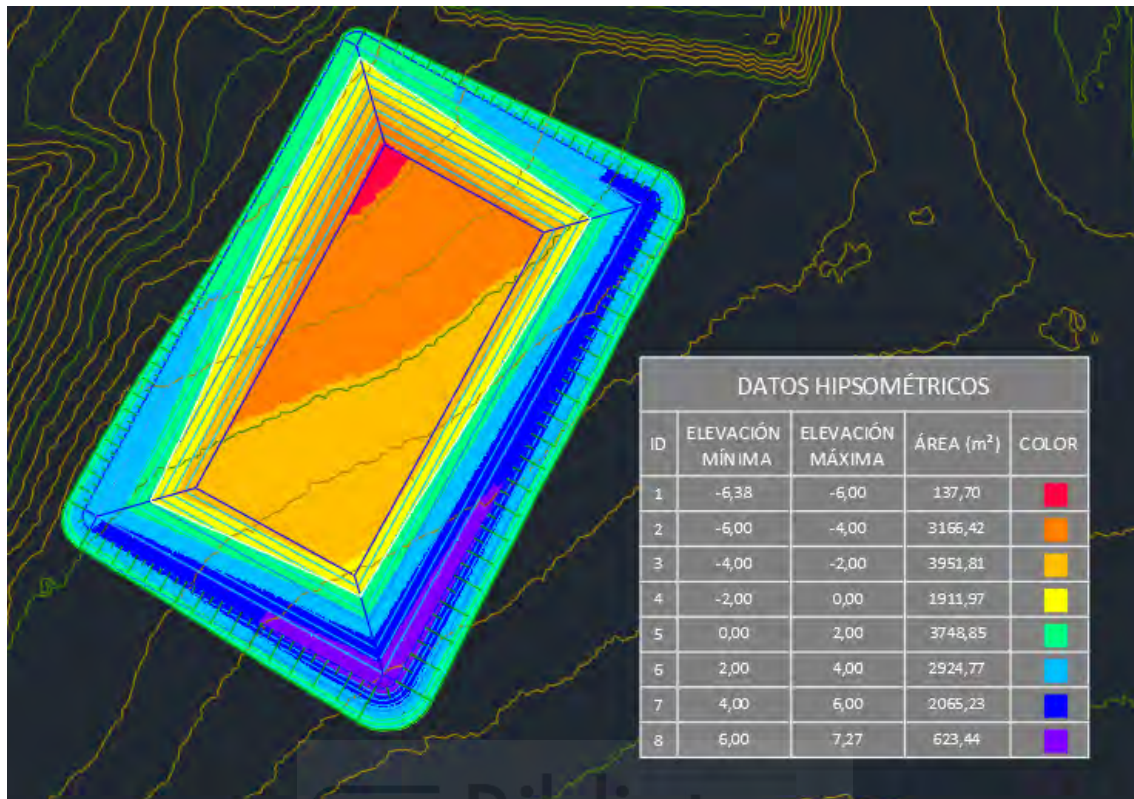
Figura 17. Hipsometría de dos intervalos



Nota. Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación Civil 3D. Laura Sánchez Martínez, 2025

También podemos establecer una hipsometría con un mayor número de intervalos que proporcione información sobre las diferentes elevaciones en desmonte y en terraplén que conlleva el movimiento de tierras de la balsa.

Figura 18. Hipsometría de 8 intervalos



Nota. Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación Civil 3D. Laura Sánchez Martínez, 2025

5.3.- Modelo Digital del Terreno (MDT)

Para obtener el Modelo Digital del Terreno (MDT) lo vamos a hacer a partir del **Centro de Descargas** de la web del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

<https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/home>

Este apartado se encuentra desarrollado paso a paso en el **ANEXO Nº 4 DESCARGA DEL MODELO DIGITAL DEL TERRENO.**

Para el diseño de esta balsa hemos empleado el Modelo Digital del Terreno- MDT02 - MDT02 correspondiente a la 2ª cobertura (2015-2021) con paso de malla de 2 metros.

6- SISTEMA DE DRENAJE DE LA Balsa

Desde el punto de vista de la seguridad, los sistemas de drenaje de los vasos de las balsas son fundamentales para analizar su comportamiento. A través de estos sistemas es posible comprobar los posibles caudales filtrados en todo el vaso o por sectores.

La red de drenaje que se diseña en las balsas de riego impermeabilizadas con geomembranas debe cumplir tres funciones principales:

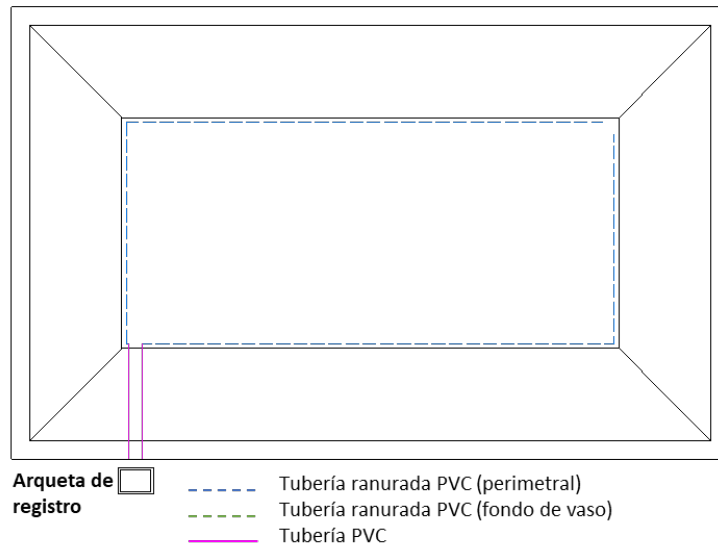
- Evitar las subpresiones en el trasdós de la geomembrana provocada por fugas localizadas a través de ella o por aportaciones exteriores.
- Detectar posibles fugas para actuar en consecuencia de cara a la explotación de la balsa.
- Canalizar las filtraciones al exterior facilitando afecciones a los terraplenes y elementos de la balsa, como las obras de toma.

El grado de complejidad del sistema de drenaje viene determinado por los costes económicos de la red y por las necesidades particulares de cada balsa en función del terreno, topografía, etc.

En balsas grandes es recomendable sectorizar el sistema de drenaje en el vaso, para poder detectar de forma independiente, por donde se producen las filtraciones. Como mínimo debe haber 2 sectores, talud interior y fondo del vaso, cada uno de ellos con su correspondiente línea de drenaje:

- Perimetral al pie del talud

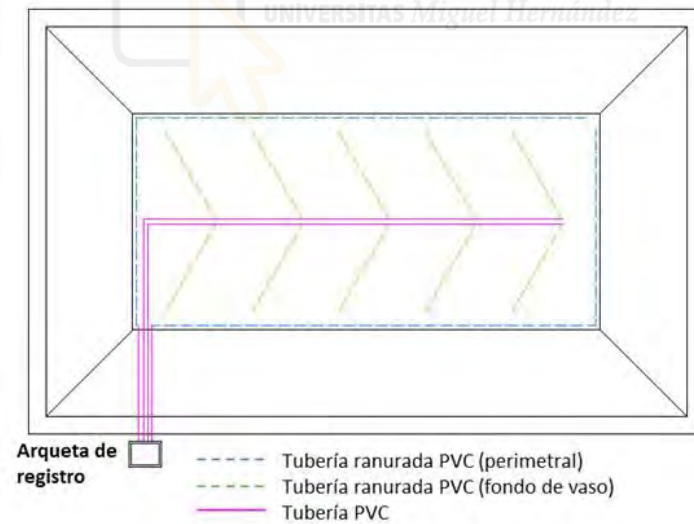
Figura 19. Sistema de drenaje perimetral al pie del talud



Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

- En espina de pez en el fondo del vaso.

Figura 20. Sistema de drenaje en espina de pez en el fondo del vaso



Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

Generalmente, en las balsas de riego no se suelen instalar sistemas de drenaje, principalmente por ahorrar costes. Sin embargo, conviene al menos establecer un sistema de drenaje en el fondo del vaso, con su correspondiente línea de drenaje

perimetral al pie del talud y en caso de que sea necesario, espina de pez o drenaje de fondo de vaso.

Fotografía 9. *Dren del vaso*



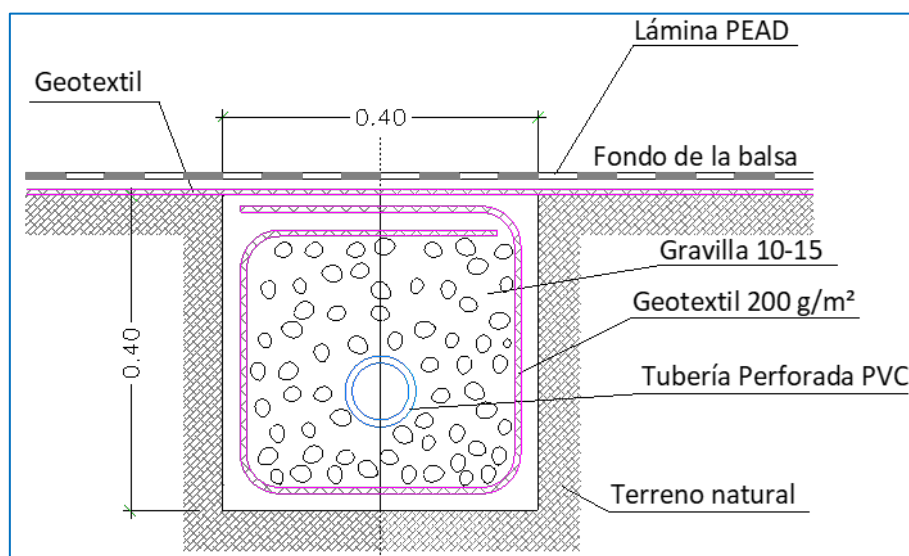
Nota. Tomado de *Ejecución de balsas para riego. Parte I* [Fotografía] Ramón de los Santos Alfonso, 2018.

Se tendrá en cuenta la superficie proyectada del vaso a la hora de sectorizar e independizar. Los sectores pueden oscilar entre 7.500 y 10.000 m².

El tipo de drenaje más común en las balsas de riego, por su rapidez de ejecución y comodidad y eficacia es:

- **Dren de fondo:** perimetral (al pie del talud interior) o en el fondo del vaso (espina de pez). Está formado por un tubo ranurado de PVC de 40 a 100 mm de diámetro situado en el fondo de una pequeña zanja rellena de material granular drenante (grava) y envuelto todo ello por un geotextil de 200 g/m². A veces, el sistema de espina de pez se sustituye por un dren central al que acceden un número variable de drenes transversales, ortogonales o no, con una separación entre 10 y 30 m en función de la permeabilidad del material de la solera.

Figura 21. Esquema de zanja de drenaje en el fondo de la balsa



Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

Las aguas circulantes por el sistema de drenaje deben evacuar el agua al exterior de la balsa por gravedad y que se produzca sobre el interior de una arqueta de registro construida a tal efecto fuera del dique de la balsa.

Cada sector de drenaje debe confluir a la arqueta de registro con tubería independiente del resto de sectores. Es normal ejecutar la salida de las tuberías de cada sector del sistema de drenaje aprovechando la zanja de la toma de fondo por debajo del dique o en el interior de las galerías de servicio.

El sistema de drenaje deberá cumplir con la normativa establecida en el “Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes” en el articulado de la “Parte 4. Drenaje”.

7- SUPERFICIE DE IMPERMEABILIZACIÓN DE LA BALSA

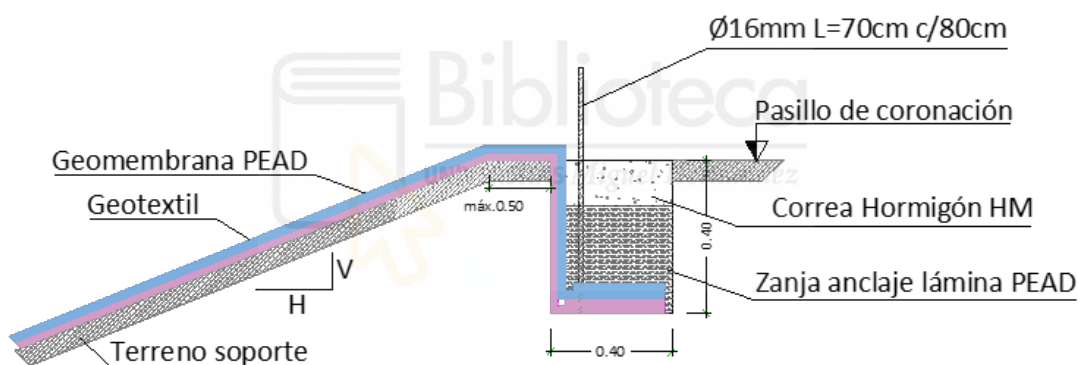
La construcción de la balsa responde a la necesidad de almacenar el agua para ser utilizada posteriormente. Las pérdidas del agua pueden ser por evaporación y por filtración. Para evitar esta última, especialmente en terrenos permeables, se recurre a la creación de una impermeabilización artificial, basado en láminas plásticas flexibles que se sueldan o presionan entre sí.

7.1.- Clases de geocompuestos

- Geomembranas de PEAD (Polietileno de Alta Densidad) → Son láminas IMPERMEABLES.
- Geotextiles → Son mantas textiles permeables, utilizadas para proteger la geomembrana y como filtro y drenaje. Existen:
 - Polipropileno.
 - Poliéster.
- Geomallas.

La forma de colocarla es como sigue:

Figura 22. Detalle de impermeabilización y anclaje en coronación



Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

7.1.2.- Geotextil

Para la protección de la lámina de impermeabilización en el fondo y taludes interiores de la balsa, así como para el drenaje de eventuales fugas, se colocará de forma previa un geotextil de polipropileno $\geq 200 \text{ g/m}^2$.

Las funciones más habituales que justifican su empleo en obra civil son las siguientes:

- Filtro: evita la mezcla de materiales con diferentes propiedades físicas o químicas, evitando contactos por incompatibilidades. Evita la migración de finos y retiene las pequeñas partículas que pueda transportar el agua evitando la

obstrucción del sistema de drenaje y la contaminación de materiales seleccionados por partículas de terreno.

- Sistema de Drenaje (líquidos o gases): gracias a su estructura tridimensional, permite la conducción de líquidos y gases liberando al terreno o a sistemas de impermeabilización de la presión que puedan ejercer estos, por ejemplo, bajo las láminas de impermeabilización en balsas y vertederos.
- Estabilización de terrenos y mejora de la capacidad portante: mejora la calidad del suelo al aumentar la capacidad portante y la estabilidad del mismo, distribuyendo las cargas y mejorando la compactación del suelo.
- Protección de geomembranas impermeabilizantes: gracias a su resistencia mecánica, en especial al punzonamiento y a su estructura tridimensional, protege a las láminas de impermeabilización de las presiones y tensiones causadas contra aristas y objetos punzantes del terreno, evitando su rotura y su desgaste prematuro.

El geotextil deberá ser no tejido de filamentos continuos de polipropileno, conforme a la normativa “UNE EN 13254:2017 de geotextiles y productos relacionados. Características requeridas para su uso en la construcción de embalses y presas”.

Las características técnicas más destacables del geotextil a emplear son las siguientes:

Tabla 10. Características del geotextil

Características	Unidad	Valor	Métodos de ensayos
Peso unitario	g/m ²	≥ 300	UNE-EN ISO 9864
Espesor	mm	≥ 3	UNE-EN ISO 9863-1
Resistencia a la tracción longitudinal	kN/m	≥ 21	UNE-EN ISO 10319
Resistencia a la tracción transversal	kN/m	≥ 21	UNE-EN ISO 10319
Alargamiento a la carga máxima longitudinal	%	≥ 80	UNE-EN ISO 10319
Alargamiento a la carga máxima transversal	%	≥ 70	UNE-EN ISO 10319
Punzonado estático	KN	³ 3,3	UNE-EN ISO 12236
Resistencia a la perforación dinámica	mm	³ 17	UNE-EN ISO 13433
Eficacia de la protección	kN/m ²	³ 14200	UNE-EN ISO 13719
Durabilidad	2 semanas, 5 años		UNE-EN 13254 Anexo B
Oxidación (Resistencia residual)	%	³ 50	UNE EN 13438

Nota. Fuente: Elaboración propia a partir la normativa “UNE EN 13254:2017 de geotextiles y productos relacionados. Características requeridas para su uso en la construcción de embalses y presas”. Laura Sánchez Martínez, 2025

7.1.3.- Geomembrana

Sobre el geotextil se dispondrá la impermeabilización de la balsa mediante lámina de PEAD (Polietileno de Alta Densidad) de 2 milímetros de espesor.

La geomembrana PEAD deberá estar hecha a base de polietileno de alta densidad y negro carbono como estabilizador ultravioleta. Deberá estar fabricada por el sistema de calandra plana que permita una regulación fina de espesores.

Las características mínimas que deben cumplir las geomembranas de polietileno de alta densidad (P.E.A.D.), vienen normalizadas en la norma española “UNE 104427:2010 Materiales sintéticos. Puesta en obra. Sistemas de impermeabilización de embalses para riego o reserva de agua con geomembranas impermeabilizantes formadas por láminas de polietileno (PE).”.

La lámina tendrá las siguientes características mínimas, obtenidas bajo los siguientes ensayos normalizados:

Tabla 11. Características de la geomembrana PEAD

CARACTERÍSTICAS DE LA LÁMINA	UNIDAD	Lámina PEAD 2 mm	Métodos de ensayos
Densidad con negro de carbono	g/m ³	³ 0.940	UNE EN ISO 1183-1 (A)
Índice de fluidez (190°C, 2,16 kg)	g/10 min	≤ 1,0	UNE EN ISO 1133
Índice de fluidez (190°C, 5 kg)	g/10 min	≤ 3,0	UNE EN ISO 1133
Espesor nominal mínimo	mm	2,00 ± 5 %	UNE -EN 1849-2
Resistencia a la tracción a la rotura ⁽¹⁾	MPa	≥ 26	UNE-EN ISO 527-3 Probetas tipo 5
Alargamiento a la rotura ⁽¹⁾	%	≥ 700	UNE-EN ISO 527-3 Probetas tipo 5
Esfuerzo de tracción en el límite elástico ⁽¹⁾	MPa	≥ 16	UNE-EN ISO 527-3 Probetas tipo 5
Alargamiento en el límite elástico ⁽¹⁾	MPa	≥ 9	UNE-EN ISO 527-3 Probetas tipo 5
Resistencia al punzonado estático	KN	³ 3,5	UNE-EN ISO 12236
Resistencia al desgarro ⁽¹⁾	N	300 (≥ 270)	UNE ISO 34-1 (B)
Doblado a bajas temperaturas (-77 °C) ⁽¹⁾	°C	Sin Grietas	UNE EN 495-5

Comportamiento al calor Variación de las medidas (100 °C ± 2°C) ⁽¹⁾	%	≤ 1,5	UNE EN 14632
Contenido en Negro de Carbono	%	2,25±0,25	UNE 53375-2 ISO 18553
Tamaño Partículas	nm	≤ 25	UNE 53375-2 ISO 18553
Contenido en Cenizas	%	≤ 0,1	UNE 53375-2 ISO 18553
Dispersión del negro de carbono	-	≤ 3	UNE 53375-2 ISO 18553
Tiempo de inducción a la oxidación (T.I.O.) (200 °C, O ₂ , 1 atm)	min	≥ 100	UNE-EN 728
T.I.O.200 °C, tras envejecimiento a 85°C, % retenido tras 90 días	% retenido	≥ 55	UNE-EN 728
T.I.O.200 °C, tras envejecimiento UV, % retenido tras 1600 h.	% retenido	≥ 55	UNE-EN 728
Resistencia a fisuración bajo tensión en medio tensoactivo (SP-NCTL) ⁽²⁾	h	≥300	UNE EN 14576 ASTM D 5397
Envejecimiento artificial acelerado Variación de alargamiento en rotura ⁽²⁾	%	≤ 15	UNE EN 12224
Envejecimiento térmico. Variación de alargamiento en rotura ⁽²⁾	%	≤ 15	UNE EN 14575
Absorción de agua a las 24 h	%	≤ 0,2	UNE EN ISO 62
Absorción de agua a los 6 días	%	≤1	UNE EN ISO 62
Resistencia a la perforación por raíces	-	Sin perforaciones	CEN/TS 14416
Estanqueidad a los gases	(m ³ /m ²)/(d atm)	< 4 x 10 ⁻⁴	ASTM D 1434
Permeabilidad Hidráulica	m ³ /m ² /día	< 2 x 10 ⁻⁶	UNE EN 14150

*⁽¹⁾ En ambas direcciones (longitudinal y transversal).

*⁽²⁾ En ambas caras.

Nota. Fuente: Elaboración propia a partir de la norma española “UNE 104427:2010 *Materiales sintéticos. Puesta en obra. Sistemas de impermeabilización de embalses para riego o reserva de agua con geomembranas impermeabilizantes formadas por láminas de polietileno (PE)*”. Laura Sánchez Martínez, 2025

Las características técnicas de la lámina a emplear son las siguientes:

- Resistente a los rayos U.V. (Negro carbono como estabilizador ultravioleta).
- Elevada resistencia mecánica.
- Compatible con productos asfálticos, aceites y alquitranes.
- Buena resistencia química a una larga gama de productos.
- Resistente a las bajas temperaturas.
- Buena resistencia al “stress-cracking”.

La extensión y colocación de geomembranas se realizará de forma continua. Así mismo se realizarán los taludes y la base de forma diferenciada e independiente. Las láminas se

soldarán teniendo en cuenta que su temperatura sea la misma para evitar que se genere tensiones en las soldaduras. Las operaciones de soldadura entre solera y talud, así como el anclaje a obras de fábrica se realizarán a las horas más frías del día.

7.2.- Colocación

Los pasos a seguir para la colocación son los siguientes:

1. Extensión y numeración de los paños.
2. Anclaje provisional de los mismos (si fuese necesario).
3. Soldadura y numeración de las mismas.
4. Comprobación de soldaduras.
5. Anclaje definitivo.

7.2.1.- Preparación del terreno

La superficie interior del vaso, estará exenta de irregularidades y de fallos, fisuras, piedras, cantos angulosos, etc.

Para poder trabajar en la balsa, se deja de forma provisional y en otros casos de manera permanente, una rampa de pendiente moderada sobre uno de los taludes, para bajar a la solera.

Las condiciones de trabajos han de ser adecuadas:

- Ausencia de lluvias.
- Temperatura media: Una temperatura alta falsea la soldadura y da lugar a fallos.
- Vientos: Levantan la lámina volteándola.

Se comienza a trabajar por los taludes, dejando el trabajo en horas calurosas y lastrando con sacos de arena los bordes de los paños pendientes de soldar. Posteriormente se van colocando los paños correspondientes a la solera.

7.2.2.- Acopio de láminas

El acopio de las láminas se realizará de forma que no se originen dobleces y daños en los rollos.

Se acopiarán en un lugar horizontal, seco y limpio, sin colocar más de tres rollos apilados, debiendo estar cubiertos para protegerlos de la luz los geotextiles.

7.2.3.- Anclajes

La acción de la temperatura, el oleaje, el peso propio, y fundamentalmente el viento obliga a realizar operaciones de anclaje de la geomembrana.

Anclaje de fondo

Este anclaje se suele realizar en todo el perímetro de fondo. Se pueden usar distintos sistemas como colocación de piezas prefabricadas de hormigón sobre una segunda lámina impermeabilizante, zanjas de anclaje rellenas de hormigón, zanjas de anclaje rellenas de arena, etc. Debido a las dimensiones y ubicación de la balsa no será necesario el empleo de este tipo de anclaje.

Anclaje intermedio

Este anclaje se suele realiza aproximadamente a un tercio de la altura del talud desde la coronación. Los sistemas empleados son similares a los enumerados con anterioridad siendo necesario en algunos de ellos la realización de bermas. Debido a las dimensiones y ubicación de la balsa no será necesario el empleo de este tipo de anclaje.

Anclaje en coronación

Este anclaje se realiza mediante una zanja de dimensiones 0,4 x 0,4 m rellena con material seleccionado compactado al 95 % PM. La zanja se dispone aproximadamente a 50 cm del margen interior del pasillo de coronación. Este sistema de anclaje será el empleado en la balsa objeto de este trabajo.

7.2.4.- Análisis de números de paños y formas de colocarlos

Hay que realizar el menor número de soldaduras posible, aprovechando el mayor número de paños sin recortes. Las anchuras y longitudes de los paños son variables, siendo normal 6, 8, 9, 40 m y 50, 60, 100 y 120 m.

La forma de la balsa decide mucho sobre el aprovechamiento máximo de los paños así una balsa de forma tronco piramidal, posee menos desperdicio de mantas que una

circular. Contra menor sea el número de paños en la balsa, menor será el número de soldaduras.

En general deberá de realizarse un estudio de la colocación y aprovechamientos de láminas. En ningún caso permitiremos uniones de paños transversales en los taludes por estar sometidas a tracción. Una manta de 90 x 12 de PEAD 2 mm pesa más de 2 toneladas y la forma correcta es cubrir a lo largo del talud los 90 m, soldando desde arriba hasta abajo, dejando las soldaduras transversales en la solera del vaso. Cuando se realizan soldaduras horizontales en los paños de taludes a cierta altura, se forma el «cuelgue» del paño siguiente sobre la parte soldada, debilitándola.

7.2.5.- Colocación de la lámina

La instalación de geomembranas de polietileno de alta densidad (PEAD) debe seguir un procedimiento riguroso para asegurar su correcta funcionalidad e impermeabilidad. La colocación e instalación comienzan generalmente desde el talud opuesto a la rampa de servicio, reservando esta última para el final de los trabajos.

Si la geomembrana se instala sobre una base de geotextil, éste se extenderá desde la solera hasta la zanja de anclaje del pasillo de coronación. El geotextil puede solaparse entre 15 y 20 cm y soldarse con aire caliente entre las capas, aunque también se permite dejar las juntas sin soldar.

A continuación, se coloca la geomembrana sobre el geotextil. Parte del rollo se deposita dentro de la zanja excavada, lastrándolo o clavándolo con gavillas de corrugado. El resto del rollo se deja caer hasta el fondo de la balsa, cuidando que la manta se oriente adecuadamente durante su descenso, evitando pliegues y arrugas que puedan interferir con la calidad de la soldadura.

Fotografía 10. Impermeabilización



Nota. Tomado de *INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA* [Fotografía] Corporación GeoExtruplast, 2024, <https://geoextruplast.com/proyectos/>

Las mantas o paños de geomembrana se sueldan longitudinalmente desde el pasillo de coronación hacia abajo, siguiendo la pendiente del talud y cubriendo posteriormente la solera. El trabajo se ejecuta con dos equipos: uno encargado de extender las mantas y otro que realiza la soldadura. Al finalizar una jornada o una zona, se colocan lastres provisionales (como sacos de arena) sobre los bordes libres para evitar desplazamientos. Es imprescindible que el calzado del personal no contenga piedras u otros objetos que puedan dañar la lámina.

Métodos de Soldadura Autorizados

Únicamente se permitirán los siguientes métodos de unión para geomembranas PEAD. No están permitidas uniones adhesivas, químicas u otras diferentes a las descritas.

a) **Soldadura doble.** La soldadura de las geomembranas PEAD será siempre del tipo doble con canal intermedio de comprobación y anchura de solape mayor de 10 cm.

La maquinaria a utilizar podrá ser de cuña caliente, aire caliente o ambas, pero siempre será automática, y con un sistema de control de la temperatura de soldado, a ser posible digital y con impresión de las condiciones de soldadura: (presión de los rodillos, velocidad y temperatura).

La temperatura y velocidad de soldadura, se regulará según las condiciones climatológicas, y a partir de ensayos previos realizados in situ con tensiómetro automático de campo. Las geomembranas PEAD a soldar estarán limpias y exentas de polvo o grasa, para lo cual en ocasiones será necesario limpiarlas previamente con un paño.

Las soldaduras dobles con canal de comprobación se comprobarán según UNE 104-481-3-2. Aquellas soldaduras que no cumplan la anterior comprobación podrán repararse de alguna de las dos formas siguientes:

- Si el punto de fuga es localizable se reparará mediante una soldadura por extrusión.
- Si la soldadura es defectuosa en su totalidad se reparará insertando un nuevo paño del mismo material de anchura no inferior a 1m sobre la zona dañada, comprobándose posteriormente las nuevas soldaduras realizadas.

b) **Soldadura por extrusión.** Se realiza con una máquina extrusora portátil que aporta material del mismo tipo que la geomembrana PEAD (granza o hilo de PEAD). Se pondrá especial énfasis en que la materia prima de la geomembrana y el material de aporte reúnan las mismas características técnicas, para garantizar la durabilidad de la soldadura.

Para la ejecución de las soldaduras por extrusión se procederá de la siguiente forma:

1. Limpieza de la zona a soldar.
2. Unión mediante calor.
3. Lijado de una zona de aproximadamente de 6 cm. común a ambas láminas. Este lijado se realizará siempre en dirección perpendicular a la soldadura, no eliminando más de un 10% del espesor de la lámina.
4. Extrusión del material de aporte.

El cordón de soldadura tendrá una anchura mínima de 3 cm y una altura mínima del espesor de la geomembrana. La comprobación de esta soldadura se podrá realizar con chispómetro, dejando embebido un cordón de hilo de cobre, o mediante el procedimiento de la campana de vacío.

Este tipo de soldadura será solo utilizable en zonas de unión de varios paños y en puntos donde no sea posible la realización de la soldadura doble.

7.3.- Medición y abono

Para calcular las necesidades de lámina impermeabilizante, se deben sumar las superficies de los taludes interiores y del fondo de la balsa, además de la necesaria en coronación de la balsa.

Esta es la superficie teórica que habría que instalar si no se produjesen pérdidas. En realidad, entre las franjas de solape en unión de distintas láminas y las pérdidas por ajustes y rincones, se puede estimar un aumento de la superficie teórica en un 5%, constituyendo la superficie real o necesaria de lámina impermeabilizante.

Para el cálculo de la superficie de geotextil se usará exactamente los mismos condicionantes de medición indicados.

La medición y abono de la impermeabilización con lámina PEAD se realizará por metros cuadrados (m²) realmente ejecutados y medidos sobre el terreno.

- Para el vaso de la balsa: superficie realmente vista (ya incluidos solapes y pérdidas)
- Para el anclaje de coronación: lámina colocada medida in situ antes de rellenar la zanja (igualmente ya incluidos solapes y pérdidas).

Señalar que el precio incluye el abono de los solapes necesarios (>10 cm.) para la unión de la lámina, así como el proceso de unión, y no será de abono esta superficie de lámina ni por supuesto la operación de empalme. Por el contrario, sí que será de abono aquella lámina de refuerzo que se sitúa bajo elementos funcionales y que está adecuadamente marcada en los planos.

Los precios incluyen el material a pie de obra y todas las operaciones que fueran necesarias hasta su extensión y total colocación. Asimismo, se incluyen todos los

medios, materiales, maquinarias y mano de obra para la correcta ejecución de la unidad de obra.

La lámina impermeabilizante seleccionada se dispondrá de acuerdo a las especificaciones y detalles incluidos en planos, con los solapes señalados en las uniones, y con los refuerzos indicados en las zonas bajo obras de fábrica.

7.4.- Superficie de la lámina impermeabilizante

A) Solera: S_s

$$S_s = 5.400 \text{ m}^2$$

B) Taludes interiores: S_t

$$S_t = 8.530,10 \text{ m}^2$$

Superficie total de la lámina impermeabilizante:

$$S_t = (S_s + S_t) = \mathbf{13.930,10 \text{ m}^2}$$

7.5.- Superficie de la lámina geotextil

La superficie a cubrir es la siguiente:

$$S_s' = (S_t) * (\text{mayoración } 5\%) = 13.930,10 * 1,05 = \mathbf{14.626,60 \text{ m}^2}$$

8- ELEMENTOS HIDRÁULICOS DE LA Balsa

8.1.- Entradas de agua

Las obras de entrada de agua a una balsa deberán estar diseñadas 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.

En el caso de balsas impermeabilizadas con geomembranas, los dispositivos de entrada de agua se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Sistemas de entrada por coronación.
 - i. Mediante vertido sobre un canal, liso o escalonado.
 - ii. Mediante vertido directo sobre la geomembrana.
 - Mediante tubería en pico de flauta.
 - Mediante arqueta.
- Sistemas de entrada por el talud.
- Sistemas de entrada por el fondo.
 - iii. Mediante codo de 90° por el fondo de la balsa.
 - iv. Mediante arqueta.
 - v. Mediante tubería en pico de flauta.
 - vi. Mediante galería visitable.

8.1.1.- Sistemas de entrada por coronación

Este sistema de entrada de agua en la balsa se suele realizar, en función del caudal, de la procedencia del agua y de la geometría de la balsa, de dos formas diferentes: vertido sobre un canal de entrada, liso o escalonado, que suele estar provisto de algún elemento de disipación de energía, y vertido directo sobre la geomembrana.

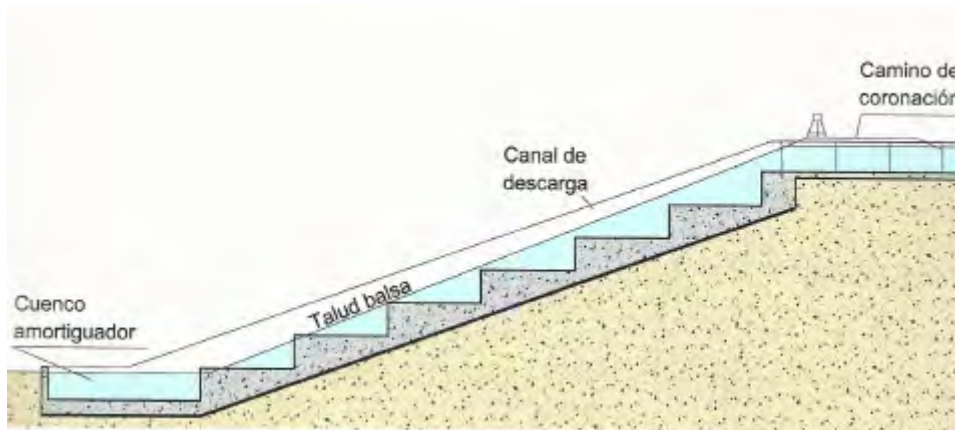
i. Mediante vertido sobre un canal, liso o escalonado.

Esta disposición resulta adecuada cuando se tienen caudales elevados que llevarían a unas dimensiones muy grandes para una arqueta.

Consiste en un canal excavado en el talud interior de la balsa que posteriormente se reviste mediante hormigón armado construido "in situ" o mediante elementos prefabricados (Fotografías 11 y 12). El canal terminará en un cuenco amortiguador de

energía (Figura 23) de menor o mayor longitud dependiendo de si el canal dispone o no de escalones, respectivamente.

Figura 23. Esquema de sistema de entrada de agua mediante vertido directo sobre canal escalonado



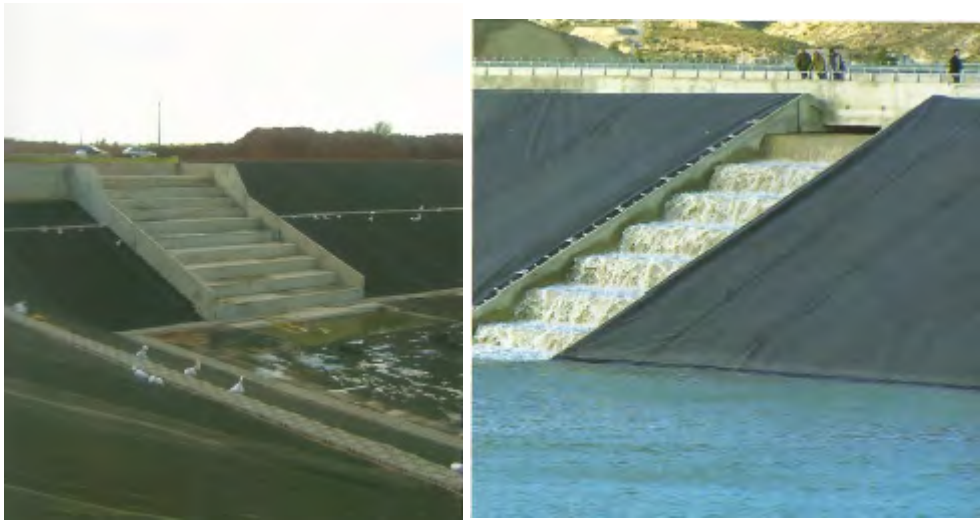
Nota. Adaptado de *Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas* (p. 19), por España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y el Comité Nacional Español de Grandes Presas, noviembre 2010, Comité Nacional Español de Grandes Presas.

Resumidamente, las partes de las que constará este tipo de solución son las siguientes:

- Arqueta de entrada.
- Canal (liso o escalonado).
- Cuenco amortiguador.

Adoptando un canal escalonado puede llegar a conseguirse una disipación de energía tal que evite tener que colocar un cuenco amortiguador aguas abajo, o por lo menos reduzca sus dimensiones considerablemente.

Fotografía 11. Canal de entrada escalonado



Nota. Adaptado de *Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas* (p. 19), por España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y el Comité Nacional Español de Grandes Presas, noviembre 2010, Comité Nacional Español de Grandes Presas.

El canal debe diseñarse con una anchura tal que permita la normal circulación de la maquinaria de obra durante la ejecución de esta o incluso para el acceso de pequeña maquinaria hasta el fondo del vaso para realizar durante la explotación de la balsa labores de mantenimiento y limpieza.

Asimismo, para facilitar las labores de mantenimiento y conservación y la explotación de la balsa, puede ser conveniente en algunos casos dejar unos peldaños de hormigón, de forma paralela al canal, para el acceso de personas a la solera. Estos escalones pueden numerarse para indicar la altura del agua o la capacidad alcanzada.

Fotografía 12. Sistema de entrada de agua mediante vertido directo sobre canal



Nota. Adaptado de *Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas* (p. 20), por España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y el Comité Nacional Español de Grandes Presas, noviembre 2010, Comité Nacional Español de Grandes Presas.

ii. Vertido directo sobre la geomembrana.

Consiste este sistema en la entrada de agua por vertido directo sobre la propia geomembrana, para lo cual a veces se hace previamente un pequeño cajeadado del talud interior de la balsa y/o 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. En el babero se deberán dejar los oportunos orificios en la zona de fondo para la salida de agua en el desembalse y en coronación, para la salida de aire durante el llenado.

La entrada de agua se deberá realizar por debajo de la rasante de la coronación a una distancia que conviene estudiar detalladamente, para evitar 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.

Las dos disposiciones más usadas en este tipo de entrada son las siguientes:

- Mediante tubería en pico de flauta.

Adecuado únicamente en caso de caudales de entrada pequeños y velocidades bajas. Se debe diseñar de tal forma que el agua no impacte bruscamente sobre la lámina ni despegue de la misma. Solemos encontrarnos con una tubería macizada con hormigón que cruza el camino de coronación, hasta su entronque con el talud interior mediante una pieza de acero cortada con el mismo ángulo del talud y rematada en una doble pletina, también de acero, anclada en el hormigón y atornillada sobre la lámina. (Fotografía 13).

Fotografía 13. Entradas de agua mediante tubería (izquierda) o tubería en pico de flauta (derecha), con vertido directo

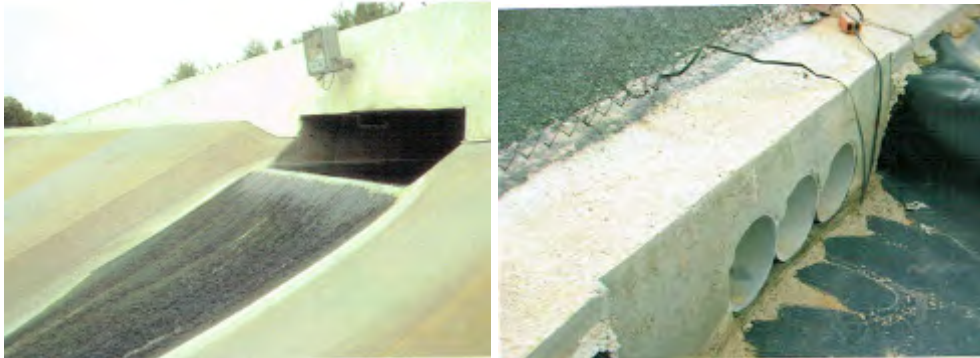


Nota. Adaptado de *Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas* (p. 21), por España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y el Comité Nacional Español de Grandes Presas, noviembre 2010, Comité Nacional Español de Grandes Presas.

- Mediante arqueta.

Esta disposición resulta más adecuada para los caudales habituales de entrada en este tipo de infraestructuras. La anchura de la lámina de agua es mayor y el calado menor, con lo que disminuye mucho el riesgo de impacto brusco sobre la lámina. (Fotografía 14).

Fotografía 14. Entradas de agua mediante arqueta de hormigón sobre la lámina con rebaje del talud



Nota. Adaptado de *Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas* (p. 22), por España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y el Comité Nacional Español de Grandes Presas, noviembre 2010, Comité Nacional Español de Grandes Presas.

8.1.2.- Sistemas de entrada por el talud

En general, será de aplicación lo especificado en el Apartado A, subApartado i, para el vertido directo sobre la geomembrana mediante tubería en pico de flauta, teniendo en cuenta que en este caso se debe disponer siempre de un refuerzo de la lámina alrededor de la entrada de la tubería. (Figura 24).

Figura 24. Unión de la geomembrana con la tubería de entrada de agua



Nota. Izquierda, inadecuada. Derecha, recomendada. Adaptado de *Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas* (p. 22), por España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y el Comité Nacional Español de Grandes Presas, noviembre 2010, Comité Nacional Español de Grandes Presas.

8.1.3.- Sistemas de entrada por el fondo

En cuanto a las entradas por el fondo o inferiores, éstas se pueden disponer de las siguientes formas:

- iii. Mediante codo de 90° por el fondo de la balsa.
- iv. Mediante arqueta.
- v. Mediante tubería en pico de flauta.
- vi. Mediante galería visitable.

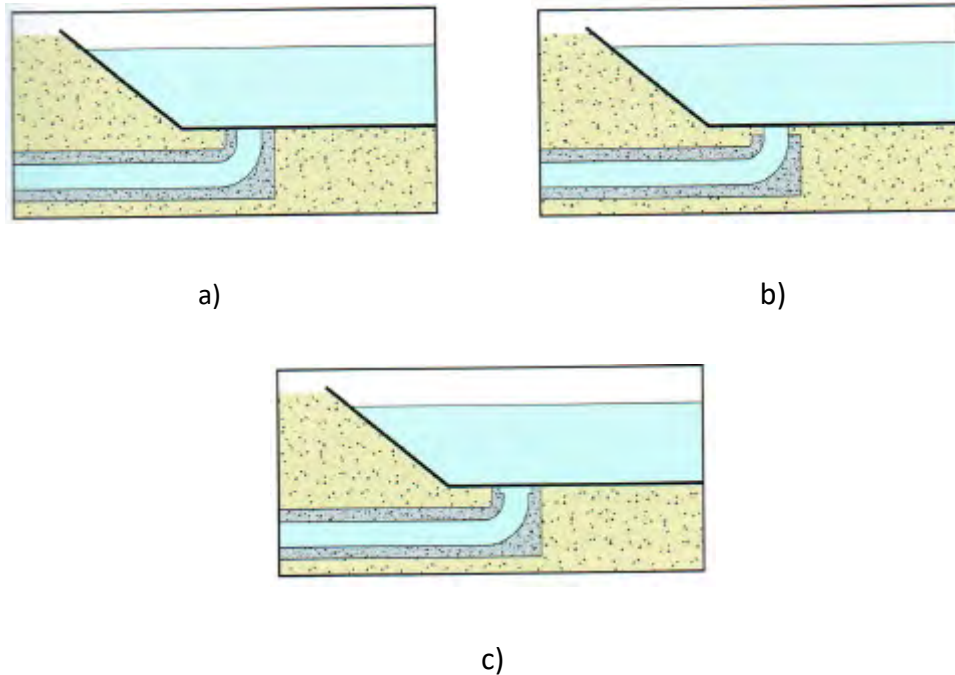
En la adopción de este tipo de sistemas mediante conducción en carga es preciso tener en cuenta que el flujo en el interior de la tubería debe tener una energía superior al nivel de agua en la balsa.

iii. Mediante codo de 90° por el fondo de la balsa.

Este sistema de entrada de agua se corresponde con una tubería que discurre a menor cota que el plano del fondo del embalse. Una vez atravesada, en planta, la zona de transición talud-fondo, la tubería se eleva, mediante un codo, generalmente de 90°, hasta alcanzar la superficie del fondo del embalse.

Para anclar el codo se suele macizar éste con hormigón. Ello da lugar a tres tipos diferentes de soluciones constructivas, según la disposición que alcance el macizado de hormigón en el fondo del embalse, tal y como se muestra esquemáticamente en la Figura 25:

Figura 25. *Diferentes esquemas de entrada de agua por el fondo mediante codo de 90º*



Nota. Adaptado de *Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas* (p. 23), por España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y el Comité Nacional Español de Grandes Presas, noviembre 2010, Comité Nacional Español de Grandes Presas.

- a. Macizado de todo el codo hasta enrasar con el plano del fondo del embalse. La lámina se ancla perimetralmente al macizo de hormigón y con doble pletina a la boca del tubo de salida.
- b. Macizado de todo el codo hasta 20-25 cm del plano del fondo del embalse. Esta última capa se rellena con zahorra o grava, realizando la unión de la geomembrana al tubo mediante doble pletina.
- c. Macizado de todo el codo hasta 30-40 cm del plano del fondo del embalse, cortándose la cara superior del macizo de hormigón como base de una arqueta, cuyos paramentos terminan a nivel del fondo del embalse, conformando en ambos casos un cuenco o arqueta de vertido. La unión de la geomembrana se realiza sobre la coronación de los parámetros de la arqueta.

iv. Mediante arqueta.

Una entrada inferior mediante arqueta puede verse en la Fotografía 15, representándose esquemáticamente sus dos variantes principales en la Figura 26.

Figura 26. Esquema tipo de las diferentes entradas inferiores mediante arqueta



a) Arqueta con entrada inferior mediante codo de 90°

b) Arqueta con entrada recta por uno de los laterales

Nota. Adaptado de *Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas* (p. 24), por España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y el Comité Nacional Español de Grandes Presas, noviembre 2010, Comité Nacional Español de Grandes Presas.



Fotografía 15. Entrada de agua mediante arqueta



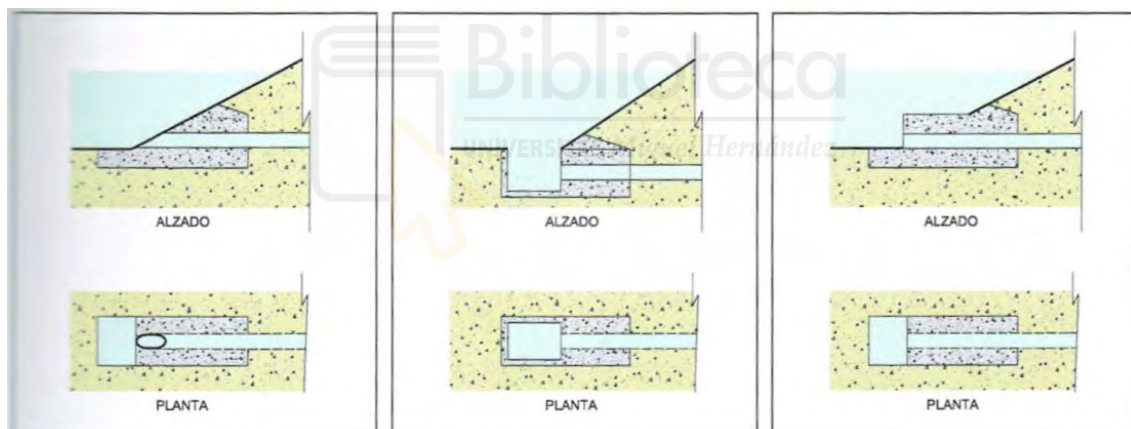
Nota. Adaptado de *Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas* (p. 25), por España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y el Comité Nacional

Español de Grandes Presas, noviembre 2010, Comité Nacional Español de Grandes Presas.

v. Mediante tubería en pico de flauta.

Este sistema se corresponde con una tubería que atraviesa el terraplén, encontrándose el punto de vertido sobre el talud interior, generalmente muy próximo a la cota de fondo e incluso en bastantes ocasiones enrasada la generatriz inferior del conducto con el plano del fondo del embalse. La intersección del plano del talud interior con los conductos circulares provoca el corte o terminación del conducto mediante una sección elíptica, denominada "pico de flauta". Las disposiciones habituales de este tipo de entrada se pueden apreciar en la Figura 27. El extremo final del conducto en todos los casos se hormigonará.

Figura 27. *Diferentes esquemas de entrada de agua en pico de flauta*



Nota. Adaptado de Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas (p. 25), por España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y el Comité Nacional Español de Grandes Presas, noviembre 2010, Comité Nacional Español de Grandes Presas.

El funcionamiento hidráulico de este tipo de entrada no presenta particularidades especiales, ya que lo habitual es que se encuentre sumergido. El primer llenado teniendo en cuenta las bajas velocidades con que habitualmente se diseñan estas conducciones funciona correctamente.

vi. Mediante galería visitable.

En el caso de que se disponga una galería visitable para alojar los conductos de toma y desagüe de fondo, ésta se debe aprovechar también para alojar la tubería de entrada de agua. En caso de que la misma se prolongue hasta el talud interior de la balsa, se debe finalizar dándole la misma inclinación del talud y disponiendo las rejillas o elementos adecuados a las tuberías de entrada-salida.

En este caso es conveniente que una adecuada disposición de tuberías y válvulas permitan que las tuberías puedan tener una doble función, por ejemplo, de entrada y toma de agua.

8.2.- Salidas de agua

Los dispositivos de salida de agua se pueden clasificar en:

- Tomas.

Las obras de toma de agua son las que materializan la unión de la conducción de salida con el interior de la balsa para captar el agua. En función de la posición de la toma con relación al nivel de agua en el embalse las podemos clasificar en:

- Por coronación.
 - Fijas en la solera o talud del vaso
 - Flotantes
- Desagües de fondo.

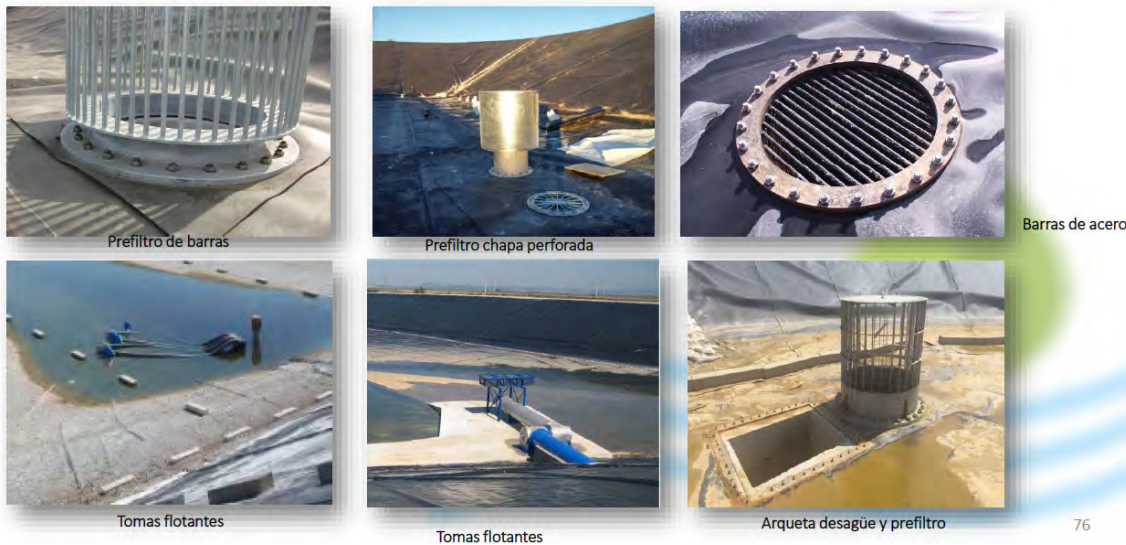
El desagüe de fondo es un elemento situado en el punto de cota mínima, con funcionamiento en régimen de presión, cuyas funciones principales son las siguientes:

- Permitir un vaciado de la balsa, en situación normal, para efectuar labores de mantenimiento y reparación.
- Permitir un vaciado rápido de la balsa en situación de emergencia

Por ello, el desagüe de fondo es, junto con el aliviadero, un elemento fundamental en la seguridad de una balsa, por lo que su construcción y diseño deben vigilarse de forma especial.

Al estar situado el dispositivo de desagüe a una cota cercana a la de solera del vaso, es preciso instalar en él un enrejado que impida el paso de elementos de cierto tamaño al conducto situado a continuación.

Fotografía 16. Obras de toma de agua



Nota. Adaptado de *Diseño, construcción, explotación, mantenimiento y seguridad en balsas de riego. Sociedad Mercantil Estatal de Infraestructuras Agrarias (SEIASA).2019*

En función de la forma del desagüe los podemos clasificar en:

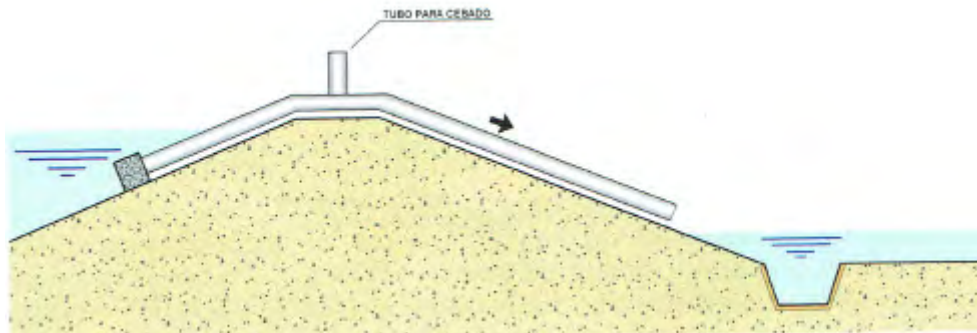
- Por el fondo de la balsa mediante codo de 90°.
- Mediante arqueta.
- Mediante tubería en pico de flauta.

8.2.1.- Toma por coronación. Sifón invertido

Este tipo de salida se basa en disponer sobre los taludes del embalse y cruzando el camino de coronación una tubería a modo de sifón invertido, conectando al pie del talud exterior con la conducción de distribución al riego.

Los condicionantes que tiene este tipo de salida hacen que apenas sea utilizado en la actualidad, quedando su uso limitado a pequeñas balsas poco profundas y con un servicio al riego poco exigente en cuanto a la regularidad y garantía de este.

Figura 28. Esquema de toma en sifón



Nota. Adaptado de *Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas* (p. 32), por España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y el Comité Nacional Español de Grandes Presas, noviembre 2010, Comité Nacional Español de Grandes Presas.

Fotografía 17. Aspiración flotante



Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

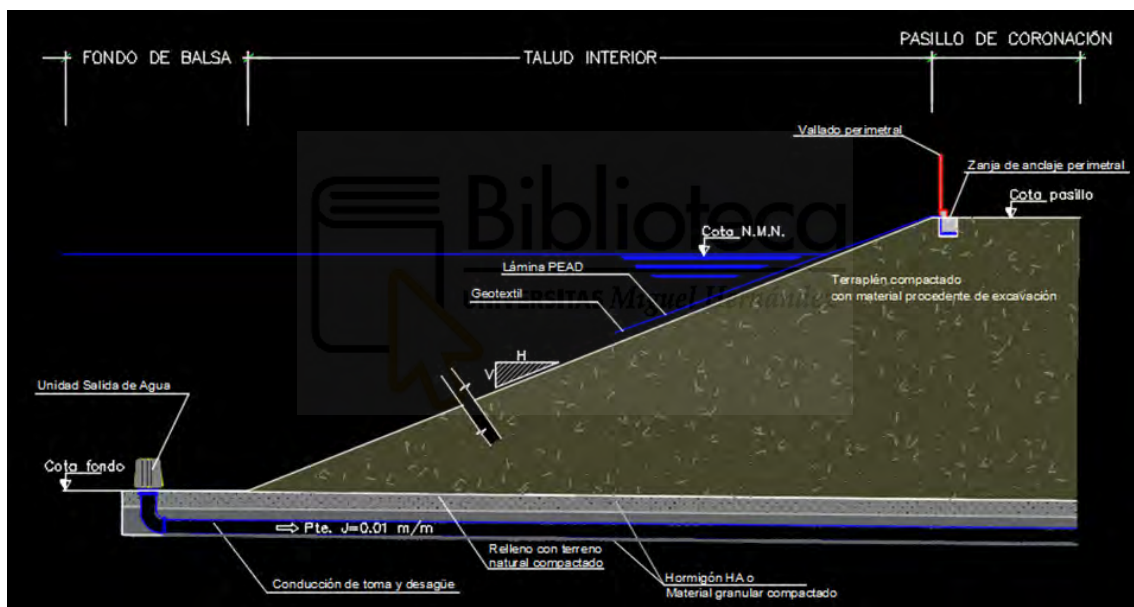
8.2.2.- Toma inferior

Las tomas inferiores, como su nombre indica, se encuentran situadas en la parte inferior del nivel de la balsa y, prácticamente siempre en el fondo del mismo. Se pueden establecer tres tipos de toma:

- Mediante codo de 90°
- Mediante arqueta
- Mediante "pico de flauta"

En este tipo de salida se colocan una o varias conducciones a través del terraplén, tomando el agua, generalmente, a nivel del fondo de la balsa o a una cierta altura sobre el fondo. Una vez atravesado el terraplén y, generalmente, al pie del mismo, se dispone una arqueta o caseta donde se alojan los elementos de regulación y control de estas conducciones.

Figura 29. Esquema de toma y desagüe de fondo



Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

Fotografía 18. Toma de fondo y colectores de drenaje



Nota. Adaptado de *Diseño, construcción, explotación, mantenimiento y seguridad en balsas de riego (2019). Sociedad mercantil Estatal de Infraestructuras Agrarias (SEIASA).*

La distinción que se ha realizado anteriormente entre tomas de fondo y tomas elevadas hace referencia exclusivamente a la posición de la boca o entrada del tubo. Como toma de fondo se entiende aquella cuya tubería presenta el punto más bajo a nivel del fondo de la balsa o por debajo de la misma. Se entiende como tomas elevadas aquellas en que el punto inferior de la boca del tubo está a una cierta cota del fondo de la balsa. En general, esta elevación de la toma adopta valores pequeños, no llegando casi nunca a 1,0 m sobre el fondo de la balsa. Estas tomas elevadas se pueden emplear con cualquiera de los tipos de toma de fondo (codo, arqueta o "pico de flauta"). Se realizan mediante una pieza de acero, en forma de tubo vertical que acopla inferiormente en el extremo metálico de la toma de fondo, mediante bridas o mediante soldadura.

8.2.3.- Tomas flotantes

La toma flotante es un sistema de aspiración que está compuesta por un conjunto de flotadores que mantienen suspendida una estructura sencilla, de la cual cuelga el extremo libre de una tubería. El otro extremo de esta tubería se conecta mediante una

rótula a la salida de fondo del embalse, lo que permite cierta flexibilidad en los movimientos y adaptación a las variaciones del nivel del agua. Este sistema asegura que el extremo libre de la tubería se mantenga constantemente entre 20 y 30 cm por debajo de la superficie de la lámina de agua en el interior del embalse. De esta forma, se consigue tomar el agua de las zonas superiores, que suelen ser más limpias debido al proceso natural de sedimentación que se produce en el embalse.

El sistema incluye un manguito elástico y un tubo con válvula de pie, cuya función es evitar que la tubería se vacíe, y que, entre aire en el sistema, lo que podría impedir que la bomba realice la aspiración correctamente. Además, se incorpora un flotador específico para mantener el punto de aspiración separado del fondo y así evitar la succión de sedimentos, fangos o suciedad acumulada. Dado que este tipo de toma está diseñada para captar agua con la mejor calidad posible, resulta imprescindible la incorporación de un tamiz o malla que actúe como elemento de protección ante posibles incidencias como el oleaje o el arrastre de materias en suspensión, garantizando en todo momento la eficacia del sistema y la limpieza del agua captada.

Fotografía 19. Toma flotante



Nota. Adaptado de *Balsas y Comunidades de regantes. La experiencia del Valle Inferior del Guadalquivir.* SEIASA

8.2.4.- Desagüe de fondo

El desagüe de fondo es un elemento situado en el punto de cota mínima, con funcionamiento en régimen de presión, que tiene como función:

- Permitir el vaciado de la balsa, para efectuar labores de limpieza y reparación.
- Permitir el desembalse rápido en caso de emergencia.

Fotografía 20. Desagüe de fondo en construcción



Nota. Adaptado de Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas (p. 38), por España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y el Comité Nacional Español de Grandes Presas, noviembre 2010, Comité Nacional Español de Grandes Presas.

Fotografía 21. Desagüe de fondo



Nota. Relleno de hormigón de la instalación en la que se aloja. Adaptado de Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas (p. 19), por España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y el Comité Nacional Español de Grandes Presas, noviembre 2010, Comité Nacional Español de Grandes Presas.

Elementos que componen las salidas inferiores:

Las salidas inferiores de los embalses constan de los elementos principales:

- Obra civil para instalación de las conducciones.
- Conducciones de salida.
- Obras de toma de agua.
- Órganos de maniobra y regulación (válvulas).
- Caseta de válvulas.

Obra civil para instalación de las conducciones.

Las conducciones de salida de la balsa se pueden colocar según cuatro tipos posibles de instalación:

- Tuberías simplemente alojadas en el terraplén.
- Tuberías macizadas mediante hormigonado "in situ" alrededor del tubo.
- Tuberías alojadas en el interior de otra tubería de protección de diámetro algo mayor.
- Tuberías instaladas en el interior de galerías visitables.

a) Tuberías simplemente alojadas en el terraplén.

Este tipo de instalación consiste en la colocación de una tubería con juntas, de cualquiera de los materiales existentes en el mercado. El tipo de material a emplear viene determinado, fundamentalmente, por la condición de resistir a las cargas

exteriores, que pueden llegar a ser muy importantes en función de la altura del terraplén.

Este sistema se encuentra poco extendido, sin duda, por la inseguridad que plantea la instalación de tuberías con juntas en el terraplén, a pesar de que se realice una cuidada instalación y de que se elijan materiales de gran resistencia como la fundición, actualmente.

La posibilidad de fugas en las conducciones de salida supone un grave problema para el embalse, siendo ésta una de las causas principales de daños graves en los mismos. El arrastre de materiales finos que estas fugas provocan, junto con la saturación del material, pueden provocar asientos importantes de los tubos, llegando a su rotura.

b) Tuberías macizadas hormigonadas "in situ".

Este tipo de instalación consiste en la colocación de una tubería de salida que queda completamente envuelta en hormigón, a modo de macizado y refuerzo de la propia tubería. En la mayoría de los casos, la tubería que se emplea es de acero, formando un conducto continuo, unidos los diversos tramos mediante soldadura.

La utilización de hormigón para el macizado del tubo de acero tiene, además de su función estructural, una importante función de protección. Es ampliamente conocido el buen comportamiento que presentan las tuberías de acero, instaladas envueltas en hormigón, frente a la corrosión externa. Para cumplir esta función de protección deben cumplirse dos condiciones:

- Disponer de un suficiente espesor de hormigón alrededor de todo el perímetro de la sección del tubo.
- Garantizar que el macizado de hormigón no sufre agrietamientos importantes, que alcancen al acero del tubo.

La experiencia existente con tuberías de acero y espesores de 8 a 10 mm y recubrimientos uniformes de 30 cm de espesor, cimentadas sobre terrenos uniformes ha funcionado correctamente.

Independientemente de lo anterior, sería necesario disponer de criterios y métodos, que optimizaran el diseño de estas conducciones en cuanto al espesor de acero, al espesor de hormigón y al dimensionamiento de la armadura en su caso, buscando no sólo la necesaria resistencia mecánica, sino también la durabilidad.

c) Tubería alojada en el interior de otra tubería de protección.

Este sistema de instalación de las tuberías de salida consiste en la colocación de la tubería en el interior de otra de diámetro algo mayor, que es la que soporta las cargas exteriores del terraplén. Este sistema de salida se encuentra bastante extendido.

En la gran mayoría de los casos se emplea como tubería de protección una tubería de hormigón armado y como tubería de salida una de acero, aunque en balsas más pequeñas se encuentran colocadas tuberías de PVC. Últimamente, también han aparecido instalaciones con tubería de salida de PEAD con uniones soldadas.

d) Galería visitable.

Este sistema de instalación de las tuberías de salida consiste en la construcción de una galería, en cuyo interior se alojan las diferentes conducciones, con unas dimensiones que permiten el paso de personas para maniobrar las válvulas allí colocadas o realizar labores de inspección y mantenimiento. La construcción de estas galerías presenta las siguientes tipologías:

- Galerías de hormigón armado ejecutadas "in situ".
- Galerías de chapa de acero corrugado.
- Galerías de piezas prefabricadas de hormigón.

En cuanto a las tuberías, la mayoría son de acero, si bien se han encontrado conducciones de fibrocemento para salidas al riego. Las salidas de desagüe (de fondo, de emergencia, etc.) se realizan siempre con tuberías de acero.

Funciones de las salidas de la balsa

Independientemente de los elementos constructivos que se hayan dispuesto para materializar las salidas de las balsas, éstas cumplen una serie de funciones que se han recogido en los siguientes grupos:

- Salida de servicio al riego.
- Salida para conexión con otros embalses.
- Salida para desagüe de fondo.
- Salida para desagüe de emergencia.

A continuación, pasamos a describir brevemente cada una de ellas.

a) Salida de servicio al riego:

Como su nombre indica, esta salida comunica la balsa con la red de riego y sirve para el suministro de los caudales demandados por dicha red.

b) Salida para conexión con otras balsas:

Esta salida permite conectar una balsa con otra u otras, para distribuir adecuadamente los volúmenes de agua disponibles a cada una de las zonas o sectores de riego y buscando mejorar la garantía en el suministro al riego.

c) Salida para desagüe de fondo:

Esta salida sirve para realizar el desagüe y eliminación del contenido del fondo de la balsa. Tiene una misión de limpieza y arrastre de los lodos y sedimentos que se pueden ir acumulando en el fondo de la balsa. Para poder realizar esta función correctamente, necesita tres requisitos básicos:

- Toma de salida situada a la cota más baja del fondo de la balsa.
- Fondo de balsa con una pendiente mínima hacia el punto de toma, para permitir el arrastre, natural o forzado, de los sedimentos acumulados.

- Existencia de un punto de vertido en la conducción de salida para la eliminación de esta agua de limpieza de la balsa.

d) Salida para desagüe de emergencia:

Esta salida sirve para realizar el vaciado rápido del embalse ante situaciones de emergencia o incidencias graves para la seguridad del embalse. Para poder realizar esta función se necesitan dos requisitos fundamentales:

- Disponer de suficiente capacidad de desagüe en las conducciones de salida existentes, para los importantes caudales que se generarían en el caso más desfavorable de vaciado con la balsa llena.

- Disponer de un punto de vertido en un cauce natural para la eliminación de estos caudales de emergencia.

Estas cuatro funciones identificadas anteriormente pueden materializarse constructivamente de diversas maneras. Puede también no cumplirse todas ellas y sólo estar previsto alguna de las funciones establecidas. También, como sucede habitualmente, estas funciones se pueden realizar sobre una única estructura de salida, aprovechando los elementos de regulación y el sistema de explotación posible para un embalse dado.

Todo ello pone de manifiesto que, junto con los elementos que forman estas salidas y las funciones que deben realizar, es necesario establecer también cómo se organizan estas salidas, habida cuenta de las diversas combinaciones constructivas y funcionales que se pueden dar.

La descripción de la toma y desagüe de fondo, así como los cálculos hidráulicos para obtener el tiempo de vaciado de la balsa se encuentran descritos en el **ANEXO Nº 9 TOMA Y DESAGÜE DE FONDO.**

En el diseño de una balsa de riego, se construye una **arqueta o caseta de maniobra** para albergar el sistema de válvulas e interconexiones que permiten el control de la salida del agua. Este sistema facilita las operaciones de apertura y cierre de la descarga, bombes, y otras funciones hidráulicas asociadas.

Además de su función operativa, la arqueta actúa como estructura de disipación de energía del flujo de salida, reduciendo los riesgos de erosión o daño estructural al cuerpo de la balsa. Durante el llenado inicial, esta disipación se realiza dentro de la propia arqueta; una vez el nivel del agua alcanza un cierto punto, la energía del caudal entrante se disipa directamente sobre el volumen embalsado, quedando la estructura sumergida.

La **composición típica del montaje de valvulería** dentro de la arqueta es la siguiente:

- Válvula de corte de emergencia (válvula de compuerta)
- Carrete de montaje
- Válvula de apertura y cierre (válvula de mariposa con cierre reductor)
- Contador de agua
- Ventosa (puede ser de doble función –entrada/salida de aire– o trifuncional, para mayor control del volumen de aire)
- Otras válvulas necesarias: de retención, transductores de presión, etc.
- Segundo carrete de montaje

De forma paralela a la conducción principal de salida, también se disponen tuberías de drenaje que conducen el agua hacia una arqueta de control secundaria.

En cuanto a la morfología, estas arquetas suelen ser de planta cuadrada con paramentos verticales, aunque en ciertos casos pueden construirse con taludes. La coronación de la arqueta se sitúa normalmente a la misma cota que el fondo de la balsa, lo que evita la caída libre de la lámina de agua sobre la geomembrana, protegiéndola de posibles daños y facilitando una adecuada ejecución de la unión geomembrana-hormigón.

8.3.- Aliviaderos

Los aliviaderos permiten evacuar los volúmenes de agua que entran al embalse, por encima del nivel máximo de agua establecido. Son un elemento de seguridad ya que evitan la rotura de las balsas de tierra por desbordamiento.

Los aliviaderos que encontramos en las balsas pueden ser de tres tipos:

- Aliviadero de tubos
- Aliviadero de canal rectangular
- Aliviadero de badén

En el **ANEXO Nº10 ALIVIADERO** se calcula la precipitación máxima para un período de retorno de 500 años, para el punto geográfico deseado, así como la caracterización hidráulica de los distintos tipos de aliviadero.

8.3.1.- Aliviadero de tubos

Consisten en una o varias tuberías colocadas perpendicularmente al eje del camino de coronación, estando la entrada en el talud interior del embalse y la salida en el exterior.

Las entradas en las tuberías suelen ser en "pico de flauta", según el plano del talud interior, pero también pueden hacerse en forma circular (Fotografía 22).

Los tubos del aliviadero suelen ser de acero, aunque en ocasiones se utilizan otras tuberías como fibrocemento, hormigón, etc. En cualquier caso, la pieza de entrada en pico de flauta se realiza en acero y doble brida, uniéndose posteriormente a ella la tubería del material correspondiente.

Fotografía 22. *Aliviadero en tubos con embocadura circular*



Nota. Adaptado de *Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas* (p. 28), por España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y el Comité Nacional

Español de Grandes Presas, noviembre 2010, Comité Nacional Español de Grandes Presas.

8.3.2.- Aliviadero en marco o canal

La obra de toma consiste en un canal de hormigón armado y sección rectangular, que cruza perpendicularmente el camino de coronación hasta el talud exterior. La unión del canal con el talud interior del embalse se realiza mediante aletas de acompañamiento de los paramentos verticales del canal, generalmente en definición hasta la cota de la solera del mismo. En planta, puede mantenerse entre las aletas la misma anchura del canal o abrirse en ángulo, mejorando así la embocadura al canal. La solera del canal se continúa en hormigón hasta la terminación de las aletas, realizándose la unión de la geomembrana al hormigón en este punto. El canal se cubre con losas de hormigón armado para mantener la continuidad del camino de coronación.

Fotografía 23. *Aliviadero en marco (izquierda) y entrada de agua mediante canal escalonado (derecha)*



Nota. Adaptado de *Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas* (p. 28), por España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y el Comité Nacional Español de Grandes Presas, noviembre 2010, Comité Nacional Español de Grandes Presas.

Fotografía 24. *Aliviadero en canal escalonado*



Nota. Adaptado de *Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas* (p. 27), por España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y el Comité Nacional Español de Grandes Presas, noviembre 2010, Comité Nacional Español de Grandes Presas.

Fotografía 25. *Aliviadero en marco*



Nota. Adaptado de *Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas* (p. 27), por España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y el Comité Nacional Español de Grandes Presas, noviembre 2010, Comité Nacional Español de Grandes Presas.

8.3.3.- Aliviadero de badén

La obra de toma consiste en un rebaje a modo de badén sobre el camino de coronación. La zona más baja del badén se sitúa a la cota fijada como nivel máximo de embalse.

En embalses de cierta capacidad, el badén se hormigona para permitir la circulación sobre el camino de coronación. Para ello, se realizan transiciones suaves desde la cota inferior del badén hasta la cota del camino de coronación.

La unión del badén con el talud interior del embalse resulta generalmente complicada geoméricamente y se suele resolver, de un modo "grosero", prolongando la lámina sobre la superficie de coronación que ocuparía el badén y hormigonando sobre ella.

Fotografía 26. *Aliviadero en badén*



Nota. Adaptado de *Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas* (p. 29), por España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y el Comité Nacional Español de Grandes Presas, noviembre 2010, Comité Nacional Español de Grandes Presas.

9.- ELEMENTOS ACCESORIOS

9.1.- Pasillo y petril de coronación

El pasillo de coronación estará perfectamente nivelado, terminado el bordillo anti oleaje, murete perimetral, etc.

La anchura del pasillo de coronación se determina en este tipo de balsas atendiendo a condicionantes económicos (a mayor anchura mayor volumen de terraplén), funcionales (uso del pasillo para movimiento de vehículos y maquinaria) y estructurales (la estabilidad estructural del dique exige un ancho mínimo).

Para el cálculo de la anchura del pasillo de coronación se puede emplear la expresión:

$$C = \frac{H}{5 + 3}$$

Siendo:

C: Ancho del pasillo de coronación recomendado (m).

H: Altura máxima, desde solera, hasta el pasillo de coronación (m).

Se recomienda que el ancho del pasillo de coronación no sea inferior a 3 metros en este tipo de balsas.

En general, se suele distribuir una gravilla media de 12 a 18 mm, que sirva de paseo, si es que no se trabaja como un camino.

El muro o petril perimetral evita la caída accidental de personas o animales, dando al mismo tiempo protección de viento en la succión de la lámina y altura de resguardo para la protección contra el oleaje.

Se realiza sobre la zona de anclaje de la lámina, rellena con tierra procedente de la excavación y completada con hormigón en masa, que forma la base del bordillo a modo de correa perimetral. A lo largo del perímetro, y antes de colocar el bordillo, se clavan redondos de 16 mm y 70 cm de longitud cada 80 cm como refuerzo de armadura y sujeción de la lámina impermeabilizante.

El bordillo o petril perimetral puede ser muy variado, con diferentes formas, naturaleza, altura, etc. Principalmente se suele realizar:

- Mediante una o doble fila de bloques de hormigón prefabricado de 20x20x40 cm recibidos con mortero de cemento y macizados con hormigón en masa.
- Mediante bordillos prefabricados a base de hormigón.
- Mediante muro de hormigón armado realizado in situ.

Fotografía 27. *Bordillo prefabricado*



Nota. Fuente: Tomada de *Jornadas de Balsas. Subdirección General de Regadíos y Economía del Agua (MAPAMA), 2017, SEIASA (Sociedad Estatal de Infraestructuras Agrarias)*

Fotografía 28. *Módulos prefabricados*



Nota. Fuente: Tomado de *Diseño, Construcción, Explotación, Mantenimiento y Seguridad en Balsas de Riego. Subdirección General de Regadíos e Infraestructuras Rurales (MAPA), 2019, SEIASA (Sociedad Estatal de Infraestructuras Agrarias).*

Fotografía 29. Bataolas



Nota. Fuente: *Diseño, Construcción, Explotación, Mantenimiento y Seguridad en Balsas de Riego. Subdirección General de Regadíos e Infraestructuras Rurales (MAPA), 2019, SEIASA (Sociedad Estatal de Infraestructuras Agrarias).*

Fotografía 30. Elaborado en obra, continuo



Nota. Fuente: *Diseño, Construcción, Explotación, Mantenimiento y Seguridad en Balsas de Riego. Subdirección General de Regadíos e Infraestructuras Rurales (MAPA), 2019, SEIASA (Sociedad Estatal de Infraestructuras Agrarias).*

9.2.- Vallado perimetral

El cerramiento, según la ubicación puede ser:

- Encima del petril perimetral.
- En el borde externo del pasillo de coronación.
- En el exterior, alrededor del borde de los taludes de la balsa.

El cerramiento se realiza con mallas de alambres de mínimo 1,5 mm, con simple torsión en la retícula, galvanizado o plastificado en verde, de 2-2,5 m de altura, tomados con postes de 32-48 mm de diámetro, de 3 m de longitud, con bayonetas de 50 cm para colocar tres hilos de alambre de espino en su parte superior.

Generalmente se suele utilizar el bordillo o muro perimetral de la balsa para anclar los postes del vallado perimetral.

Fotografía 31. *Cerramiento sobre bloque de hormigón prefabricado*



Nota. Fuente: www.portal-agua.com

El cerramiento contará con puerta de acceso de 1 o dos hojas abatibles, con su correspondiente cerrojo y candado de cierre de seguridad.

Fotografía 32. Vallado perimetral



Nota. Fuente: Adaptado de *Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas*, por España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y el Comité Nacional Español de Grandes Presas, noviembre 2010, Comité Nacional Español de Grandes Presas.

Fotografía 33. Cerramientos



Nota. Fuente: *Diseño, Construcción, Explotación, Mantenimiento y Seguridad en Balsas de Riego*. Subdirección General de Regadíos e Infraestructuras Rurales (MAPA), 2019, SEIASA (Sociedad Estatal de Infraestructuras Agrarias).

9.3.- Elementos de seguridad para el personal

Para facilitar la escapatoria en caso de caída accidental de personal se colocarán maromas de nudos en las esquinas de la balsa para facilitar la salida del vaso en caso de

caída accidental. El material de estos elementos deberá ser duradero en las condiciones de intemperie y ofrecer un buen comportamiento en situaciones alternas de humedad-sequedad.

Se dispondrá en cada uno de los laterales del embalse un cartel de prohibición de acceso y baño. También se instalarán flotadores salvavidas en lugares visibles atados con cuerdas al vallado de la balsa.

Fotografía 34. *Elementos de seguridad*



Nota. Fuente: *Diseño, Construcción, Explotación, Mantenimiento y Seguridad en Balsas de Riego. Subdirección General de Regadíos e Infraestructuras Rurales (MAPA), 2019, SEIASA (Sociedad Estatal de Infraestructuras Agrarias).*

9.4.- Protección de taludes exteriores

El revestimiento del talud exterior, se realizará en las fechas adecuadas a la plantación, cuando la planta está «dormida». Es adecuado realizar una pequeña placeta o mejor, una poceta para aprovechar mejor el agua de lluvia, acompañándola de piedras para evitar competencias de otras hierbas, no obstante, una vez plantada, se regarán en sus primeros días y se les hará un seguimiento de las marras defectuosas para reponerlas.

Si se procedió con el relleno de superficie del talud con el material separado en el desbroce, éste suele realizar la nacencia de plantas autóctonas con el inicio de las lluvias, de forma natural, sin embargo, el riego adelantará el revestimiento del talud. En estos sistemas de tierras «chorreadas» por el talud, hay que evitar que el agua del riego se de en chorros fuertes, para evitar regueros y canalizaciones por el talud, que después serán cárcavas, lo mejor es mediante aspersores.

En general, la mejor protección es la planta de bajo porte, rastrera, que ocupe gran superficie y que sus ciclos sean largos, puesto que las plantas adventicias, es decir, anuales, producen maleza y hay que limpiarlas para evitar incendios.

En otra consideración, tenemos los pedraplenes (fotografía 35) para proteger el talud de erosiones.

Fotografía 35. *Terminación exterior de una balsa*



Nota. Adaptado de *Consideraciones Generales Aplicables a la Construcción de Balsas* (p. 104), por Ramón de los Santos Alfonso, abril 2004, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

10. BIBLIOGRAFÍA

Libros y manuales:

Amigo Rodríguez, E., & Aguiar González, E. (1994). *Manual para el diseño, construcción y explotación de embalses impermeabilizados con geomembranas*. Dirección General de Estructuras Agrarias, Consejería de Agricultura y Alimentación, Gobierno de Canarias.

Comité Nacional Español de Grandes Presas. (2010). *Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), Dirección General del Agua, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Dal-Ré Tenreiro, R. (Coord.). (2003). *Pequeños embalses de uso agrícola*. Ediciones Mundi-Prensa.

Generalitat Valenciana, Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge. (2007). *Guía para el proyecto y construcción de balsas de tierra*.

Generalitat Valenciana, Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge. (2009). *Guías para el proyecto, construcción, explotación, mantenimiento, vigilancia y planes de emergencia de las balsas de riego con vistas a la seguridad*.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría Técnica. (2004, abril). *Consideraciones generales aplicables a la construcción de balsas* (R. de los Santos Alfonso).

Documentos normativos y legales:

BOE. (1967, octubre 27). *Orden de 31 de marzo de 1967 por la que se aprueba la «Instrucción para proyecto, construcción y explotación de grandes presas»*. Ministerio de Obras Públicas. BOE-A-1967-17302.

BOE. (1995, febrero 14). *Resolución de 31 de enero de 1995, de la Secretaría de Estado de Interior, por la que se publica la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones*. Ministerio de Justicia e Interior. BOE-A-1995-3865.

BOE. (1996, marzo 12). *Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses*. Ministerio de Medio Ambiente.

BOE. (2008, enero 16). *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*. Ministerio de la Presidencia. BOE-A-2008-755.

Otros materiales:

Ministerio de Medio Ambiente. (s.f.). *Curso práctico sobre proyecto, ejecución y explotación de balsas de materiales sueltos para riego. Aspectos previos en el diseño de balsas*.

Ministerio de Fomento. (s.f.). *Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3/75)*.

Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular (1999). Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento.

ANEXOS A LA MEMORIA

ANEXO Nº 1.- DETERMINACIÓN CONSUMO

ANEXO Nº 2.- CÁLCULO DE LA NECESIDADES HÍDRICAS

ANEXO Nº 3.- CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA Balsa

ANEXO Nº 4.- DESCARGA DE LA CARTOGRAFÍA DEL IGN

ANEXO Nº 5.- DESCARGA DE LA CARTOGRAFÍA CATASTRAL EN DXF

ANEXO Nº 6.- QGIS

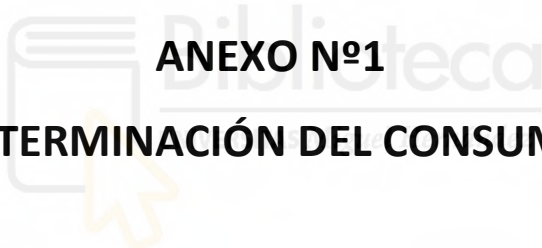
ANEXO Nº 7.- USO DE LA APLICACIÓN CIVIL 3D

ANEXO Nº 8- CÓMO OBTENER PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE LA Balsa CON
AUTOCAD

ANEXO Nº 9- TOMA Y DESAGÜE DE FONDO

ANEXO Nº 10- ALIVIADERO





ANEXO Nº1
DETERMINACIÓN DEL CONSUMO

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- COMO ACCEDER A SIAM.....	1
3.- CREACIÓN DE INFORME AGROMETEOROLÓGICO	2



1.- INTRODUCCIÓN

Para calcular las necesidades totales del cultivo a partir de los datos de ET_0 locales obtenidos de las redes de estaciones meteorológicas utilizaremos los datos que se pueden obtener a través de la web del Sistema de Información Agrario de Murcia (SIAM).

2.- COMO ACCEDER A SIAM

En la actualidad, la Red del Sistema de Información Agrario de Murcia (SIAM), está compuesta 49 estaciones automáticas, de las que 32 son del Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA) de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, 15 son del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 1 de la Universidad Politécnica de Cartagena y 1 del Excelentísimo Ayuntamiento de Mazarrón. Las estaciones del IMIDA y del Ministerio han sido financiadas a partir de proyectos con fondos europeos.

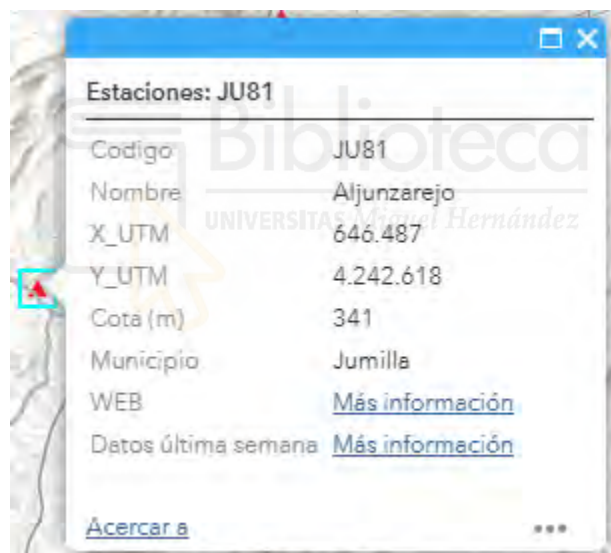
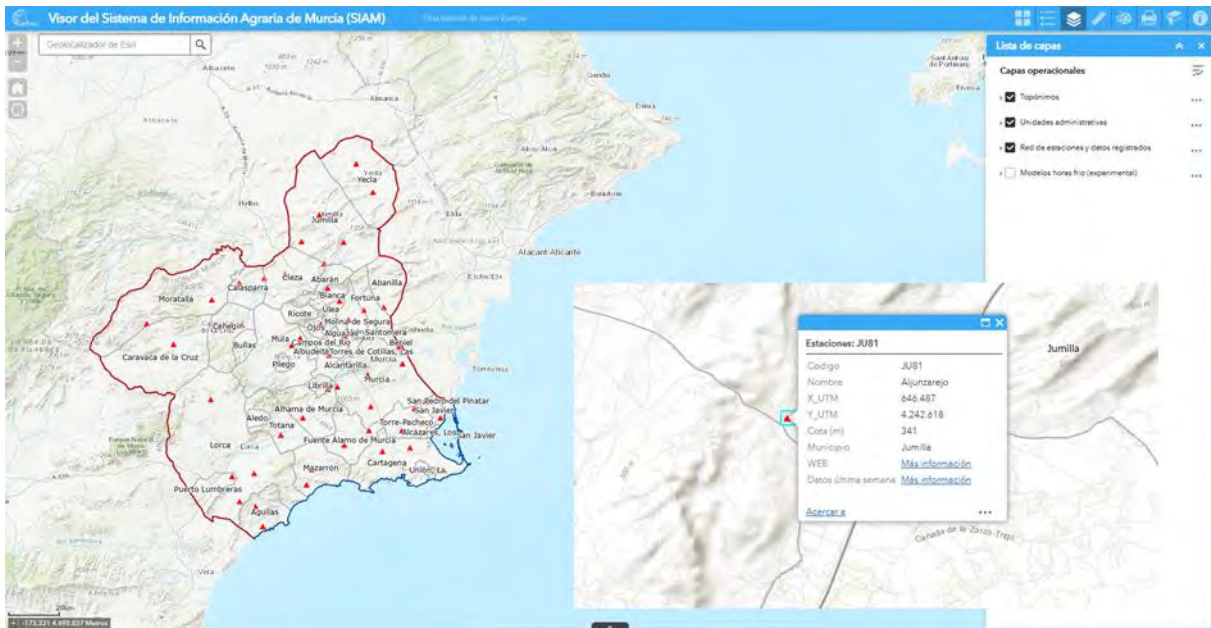
Se accede a través de la dirección url: <http://siam.imida.es>

The screenshot shows the SIAM website interface. At the top, there is a navigation menu with the following items: AGRICULTOPOLOGÍA, FERTILIZACIÓN, INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS, PLAGAS Y ENFERMEDADES, ANÁLISIS ECONÓMICO, DOCUMENTACIÓN TÉCNICA, and USUARIOS. Below the menu, there is a main content area with several sections:

- Inicio**: A large image of a field with a weather station.
- Elementos Regionales**: A table with the following data:

Medida	Valor	Día
ET ₀ Aguilas (Aguilas)	11,12	31/07/01
PIEC Santiago de la Ribera (San Javier)	91,80	13/09/19 04:00
RADMAX Horstala (Horstala)	1.683,00	01/06/23 12:00
TRAZABIS La Carrichosa (Cieza)	47,10	07/07/09 15:00
TRINABIS Yeda - Paillos (Yeda)	-17,86	29/01/08 06:00
VANAL Barranda (Caravaca)	33,42	31/01/15 00:00
- Informes Destacados**: A list of reports including: FICHA ESTACIONES, INFORME REGIONAL DE HORAS FRÍO, INFORME AGROMETEOROLÓGICO DE DÍA ACTUAL, INFORME AGROMETEOROLÓGICO DE UN DÍA, INFORME AGROMETEOROLÓGICO DE 7 DÍAS, INFORME AGROMETEOROLÓGICO PERSONALIZADO, DATOS EN TIEMPO REAL DE LAS ESTACIONES, INFORME SOBRE HORAS FRÍO PARA FRUITICULTURA, and INFORME DE TASAS TEMPERATURAS.
- Visores Cartográficos**: Two map viewers: 'Visor cartográfico del SIAM' and 'Visor cartográfico del AQIA'.

Se puede acceder al Visor cartográfico del SIAM donde podemos ver la red de estaciones y datos observados y buscar la estación o estaciones cercanas a la explotación agrícola. En este caso corresponde a la estación JU81.



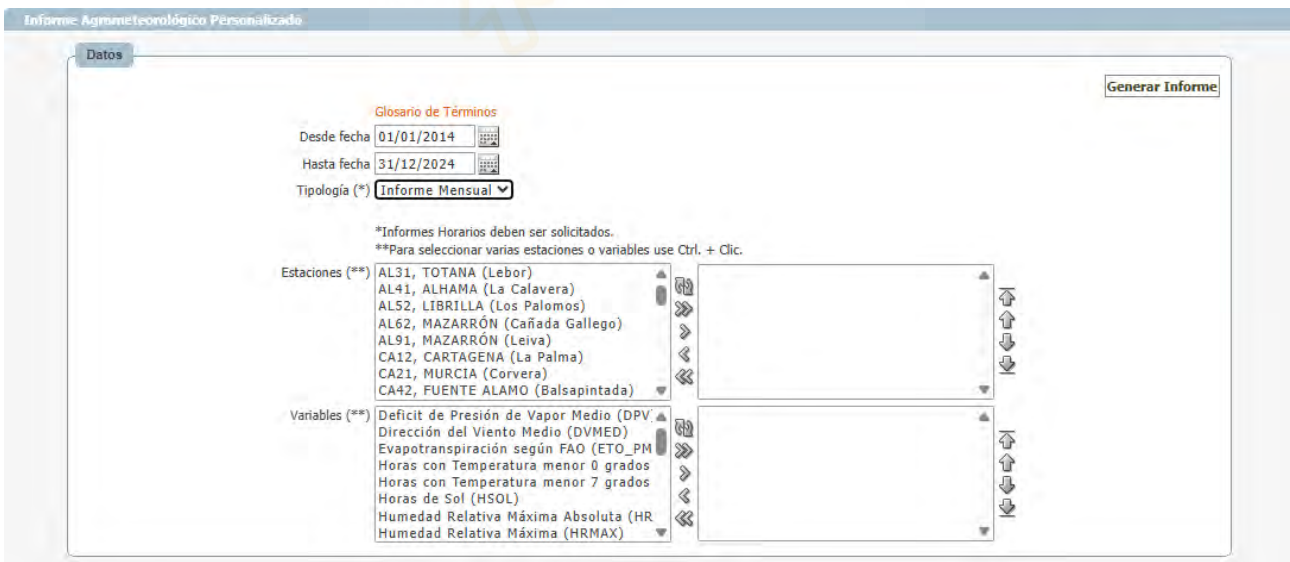
3.- CREACIÓN DE INFORME AGROMETEOROLÓGICO

Volviendo a la página principal, podemos obtener un Informe agrometeorológico personalizado accediendo a su enlace.



En la ventana de datos debemos introducir los siguientes parámetros:

- Intervalos del período (Desde fecha-Hasta fecha); en este caso introducimos las fechas desde 01/01/2014 hasta 31/12/2024 (periodo de 10 años)
- Tipología: informe anual, mensual o diario; en este caso seleccionamos informe mensual (datos de cada uno de los meses del año).
- Estaciones: se seleccionan las estaciones próximas a la zona; en este caso seleccionamos la estación JU81, JUMILLA (Román).
- Variables: se seleccionan los datos disponibles en cada una de las estaciones; en este caso, solo nos interesa la variable de la Evapotranspiración según FAO (ET₀_PM_FAO (mm)).



Con los datos introducidos pinchamos en el enlace **Generar Informe**. Obtenemos la ventana de resultados:

ANEXO Nº1 DETERMINACIÓN DEL CONSUMO

Basurales

Debido al sistema de validación los datos de este anexo serán definitivos a partir de las 10:00 h.

DESTINO	Beneficiario	Beneficio	Cant.	Fecha	ETG. PM (kg (mm))
BUB1	Jumilla	Roman	31	01/2014	46,64
BUB1	Jumilla	Roman	31	01/2015	44,80
BUB1	Jumilla	Roman	31	01/2016	43,23
BUB1	Jumilla	Roman	31	01/2017	44,59
BUB1	Jumilla	Roman	31	01/2018	44,81
BUB1	Jumilla	Roman	31	01/2019	47,44
BUB1	Jumilla	Roman	31	01/2020	31,30
BUB1	Jumilla	Roman	31	01/2021	40,44
BUB1	Jumilla	Roman	31	01/2022	40,66
BUB1	Jumilla	Roman	31	01/2023	45,72
BUB1	Jumilla	Roman	31	01/2024	41,46
BUB1	Jumilla	Roman	28	02/2014	39,99
BUB1	Jumilla	Roman	28	02/2015	38,49
BUB1	Jumilla	Roman	29	02/2016	47,18
BUB1	Jumilla	Roman	28	02/2017	53,73
BUB1	Jumilla	Roman	28	02/2018	51,34
BUB1	Jumilla	Roman	28	02/2019	53,96
BUB1	Jumilla	Roman	29	02/2020	56,38
BUB1	Jumilla	Roman	28	02/2021	51,58
BUB1	Jumilla	Roman	28	02/2022	55,80
BUB1	Jumilla	Roman	28	02/2023	46,70
BUB1	Jumilla	Roman	29	02/2024	65,71
BUB1	Jumilla	Roman	31	03/2014	104,53
BUB1	Jumilla	Roman	31	03/2015	90,96
BUB1	Jumilla	Roman	31	03/2016	91,88
BUB1	Jumilla	Roman	31	03/2017	92,71
BUB1	Jumilla	Roman	31	03/2018	93,79
BUB1	Jumilla	Roman	31	03/2019	87,93
BUB1	Jumilla	Roman	31	03/2020	80,12
BUB1	Jumilla	Roman	31	03/2021	76,71
BUB1	Jumilla	Roman	31	03/2022	82,37
BUB1	Jumilla	Roman	31	03/2023	111,42
BUB1	Jumilla	Roman	31	03/2024	92,13
BUB1	Jumilla	Roman	30	04/2014	139,70
BUB1	Jumilla	Roman	30	04/2015	108,83
BUB1	Jumilla	Roman	30	04/2016	111,67
BUB1	Jumilla	Roman	30	04/2017	142,92
BUB1	Jumilla	Roman	30	04/2018	115,99
BUB1	Jumilla	Roman	30	04/2019	100,57
BUB1	Jumilla	Roman	30	04/2020	93,15
BUB1	Jumilla	Roman	30	04/2021	88,41
BUB1	Jumilla	Roman	30	04/2022	102,84
BUB1	Jumilla	Roman	30	04/2023	148,34
BUB1	Jumilla	Roman	30	04/2024	129,23
BUB1	Jumilla	Roman	31	05/2014	138,93
BUB1	Jumilla	Roman	31	05/2015	148,67
BUB1	Jumilla	Roman	31	05/2016	147,85
BUB1	Jumilla	Roman	31	05/2017	163,13
BUB1	Jumilla	Roman	31	05/2018	146,26
BUB1	Jumilla	Roman	31	05/2019	158,15
BUB1	Jumilla	Roman	31	05/2020	182,46
BUB1	Jumilla	Roman	31	05/2021	152,06
BUB1	Jumilla	Roman	31	05/2022	164,46
BUB1	Jumilla	Roman	31	05/2023	134,33
BUB1	Jumilla	Roman	31	05/2024	171,43
BUB1	Jumilla	Roman	30	06/2014	173,57
BUB1	Jumilla	Roman	30	06/2015	180,66
BUB1	Jumilla	Roman	30	06/2016	199,60
BUB1	Jumilla	Roman	30	06/2017	196,61
BUB1	Jumilla	Roman	30	06/2018	189,89
BUB1	Jumilla	Roman	30	06/2019	189,40
BUB1	Jumilla	Roman	30	06/2020	179,03
BUB1	Jumilla	Roman	30	06/2021	167,82
BUB1	Jumilla	Roman	30	06/2022	194,64

ANEXO Nº1 DETERMINACIÓN DEL CONSUMO

JUB1	Jumilla	Roman	30	06/2023	163,77
JUB1	Jumilla	Roman	30	06/2024	170,31
JUB1	Jumilla	Roman	31	07/2014	204,82
JUB1	Jumilla	Roman	31	07/2015	207,26
JUB1	Jumilla	Roman	31	07/2016	192,67
JUB1	Jumilla	Roman	31	07/2017	198,01
JUB1	Jumilla	Roman	31	07/2018	205,99
JUB1	Jumilla	Roman	31	07/2019	196,15
JUB1	Jumilla	Roman	31	07/2020	195,17
JUB1	Jumilla	Roman	31	07/2021	193,17
JUB1	Jumilla	Roman	31	07/2022	199,65
JUB1	Jumilla	Roman	31	07/2023	200,25
JUB1	Jumilla	Roman	31	07/2024	207,24
JUB1	Jumilla	Roman	31	08/2014	180,28
JUB1	Jumilla	Roman	31	08/2015	168,38
JUB1	Jumilla	Roman	31	08/2016	167,98
JUB1	Jumilla	Roman	31	08/2017	159,49
JUB1	Jumilla	Roman	31	08/2018	163,18
JUB1	Jumilla	Roman	31	08/2019	170,34
JUB1	Jumilla	Roman	31	08/2020	175,00
JUB1	Jumilla	Roman	31	08/2021	162,91
JUB1	Jumilla	Roman	31	08/2022	176,85
JUB1	Jumilla	Roman	31	08/2023	188,24
JUB1	Jumilla	Roman	31	08/2024	174,84
JUB1	Jumilla	Roman	30	09/2014	124,27
JUB1	Jumilla	Roman	30	09/2015	110,98
JUB1	Jumilla	Roman	30	09/2016	128,57
JUB1	Jumilla	Roman	30	09/2017	120,49
JUB1	Jumilla	Roman	30	09/2018	109,35
JUB1	Jumilla	Roman	30	09/2019	105,01
JUB1	Jumilla	Roman	30	09/2020	112,10
JUB1	Jumilla	Roman	30	09/2021	113,89
JUB1	Jumilla	Roman	30	09/2022	119,27
JUB1	Jumilla	Roman	30	09/2023	114,81
JUB1	Jumilla	Roman	30	09/2024	114,88
JUB1	Jumilla	Roman	31	10/2014	82,49
JUB1	Jumilla	Roman	31	10/2015	69,92
JUB1	Jumilla	Roman	31	10/2016	73,46
JUB1	Jumilla	Roman	31	10/2017	82,71
JUB1	Jumilla	Roman	31	10/2018	74,76
JUB1	Jumilla	Roman	31	10/2019	74,57
JUB1	Jumilla	Roman	31	10/2020	76,11
JUB1	Jumilla	Roman	31	10/2021	71,40
JUB1	Jumilla	Roman	31	10/2022	74,57
JUB1	Jumilla	Roman	31	10/2023	85,26
JUB1	Jumilla	Roman	31	10/2024	79,41
JUB1	Jumilla	Roman	30	11/2014	40,54
JUB1	Jumilla	Roman	30	11/2015	47,95
JUB1	Jumilla	Roman	30	11/2016	44,18
JUB1	Jumilla	Roman	30	11/2017	48,75
JUB1	Jumilla	Roman	30	11/2018	38,32
JUB1	Jumilla	Roman	30	11/2019	50,62
JUB1	Jumilla	Roman	30	11/2020	38,75
JUB1	Jumilla	Roman	30	11/2021	42,72
JUB1	Jumilla	Roman	30	11/2022	53,45
JUB1	Jumilla	Roman	30	11/2023	56,91
JUB1	Jumilla	Roman	30	11/2024	42,48
JUB1	Jumilla	Roman	31	12/2014	34,95
JUB1	Jumilla	Roman	31	12/2015	29,12
JUB1	Jumilla	Roman	31	12/2016	26,55
JUB1	Jumilla	Roman	31	12/2017	39,51
JUB1	Jumilla	Roman	31	12/2018	32,79
JUB1	Jumilla	Roman	31	12/2019	35,02
JUB1	Jumilla	Roman	31	12/2020	36,40
JUB1	Jumilla	Roman	31	12/2021	40,78
JUB1	Jumilla	Roman	31	12/2022	34,10
JUB1	Jumilla	Roman	31	12/2023	38,91
JUB1	Jumilla	Roman	31	12/2024	39,15

Exportar a Excel

La tabla de resultados podemos exportarla a Excel, obteniendo el fichero “informeagrometeorologico.csv”.

	A	B	C	D	E	F	G
1	ESTACION	MUNICIPIO	PARAJE	DIAS	FECHA	ETO_PM_FAO (mm)	
2	JU81	Jumilla	Roman	31	ene-14	46,64	
3	JU81	Jumilla	Roman	31	ene-15	44,9	
4	JU81	Jumilla	Roman	31	ene-16	43,23	
5	JU81	Jumilla	Roman	31	ene-17	41,59	
6	JU81	Jumilla	Roman	31	ene-18	44,81	
7	JU81	Jumilla	Roman	31	ene-19	47,44	
8	JU81	Jumilla	Roman	31	ene-20	31,3	
9	JU81	Jumilla	Roman	31	ene-21	40,44	
10	JU81	Jumilla	Roman	31	ene-22	40,65	
11	JU81	Jumilla	Roman	31	ene-23	45,72	
12	JU81	Jumilla	Roman	31	ene-24	43,46	
13	JU81	Jumilla	Roman	28	feb-14	59,99	
14	JU81	Jumilla	Roman	28	feb-15	58,19	
15	JU81	Jumilla	Roman	29	feb-16	67,18	
16	JU81	Jumilla	Roman	28	feb-17	53,73	
17	JU81	Jumilla	Roman	28	feb-18	51,34	
18	JU81	Jumilla	Roman	28	feb-19	55,95	
19	JU81	Jumilla	Roman	29	feb-20	56,38	
20	JU81	Jumilla	Roman	28	feb-21	51,58	
21	JU81	Jumilla	Roman	28	feb-22	55,8	
22	JU81	Jumilla	Roman	28	feb-23	45,72	
23	JU81	Jumilla	Roman	29	feb-24	65,71	
24	JU81	Jumilla	Roman	31	mar-14	101,53	
25	JU81	Jumilla	Roman	31	mar-15	90,98	
26	JU81	Jumilla	Roman	31	mar-16	93,98	
27	JU81	Jumilla	Roman	31	mar-17	92,74	
28	JU81	Jumilla	Roman	31	mar-18	93,79	
29	JU81	Jumilla	Roman	31	mar-19	87,93	
30	JU81	Jumilla	Roman	31	mar-20	80,12	
31	JU81	Jumilla	Roman	31	mar-21	76,71	
32	JU81	Jumilla	Roman	31	mar-22	62,37	
33	JU81	Jumilla	Roman	31	mar-23	111,42	
34	JU81	Jumilla	Roman	31	mar-24	92,43	
35	JU81	Jumilla	Roman	30	abr-14	139,72	
36	JU81	Jumilla	Roman	30	abr-15	108,93	
37	JU81	Jumilla	Roman	30	abr-16	114,77	
38	JU81	Jumilla	Roman	30	abr-17	112,92	
39	JU81	Jumilla	Roman	30	abr-18	115,59	
40	JU81	Jumilla	Roman	30	abr-19	100,57	
41	JU81	Jumilla	Roman	30	abr-20	93,15	
42	JU81	Jumilla	Roman	30	abr-21	88,41	
43	JU81	Jumilla	Roman	30	abr-22	102,84	
44	JU81	Jumilla	Roman	30	abr-23	148,34	
45	JU81	Jumilla	Roman	30	abr-24	124,25	
46	JU81	Jumilla	Roman	31	may-14	158,93	
47	JU81	Jumilla	Roman	31	may-15	168,07	
48	JU81	Jumilla	Roman	31	may-16	147,85	
49	JU81	Jumilla	Roman	31	may-17	165,13	
50	JU81	Jumilla	Roman	31	may-18	146,26	
51	JU81	Jumilla	Roman	31	may-19	158,15	

Así, obtenemos los datos de la evapotranspiración ET_0 .

Si entramos en la opción de **FERTIRRIGACIÓN** podemos obtener un **Programa Orientativo de Riego Localizado**.

Región de Murcia

SIAM Sistema de Información Agrario de Murcia

UNION EUROPEA

AGROMETEOLOGÍA FERTIRRIGACIÓN INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS PLAGAS Y ENFERMEDADES ANÁLISIS ECONÓMICO DOCUMENTACIÓN TÉCNICA USUARIOS

Inicio > Fertirrigación > Programa orientativo de riego localizado

Programa orientativo de riego localizado

Datos

Cultivo y Variedad: -- Seleccione Cultivo y Variedad --
 Estación: -- Seleccione Estación --
 Suelo: -- Seleccione Suelo --

Datos de la Plantación

Entre Plantas: x Entre Filas: = Total: m2 Plantas por Hectárea:

Datos de la instalación

Coef. Uniformidad: %
 Diámetro copa(m): Nº Emisores planta:
 Caudal Emisor(l/h): C.E. agua(ds/m):

Ajustes del Informe

Periodicidad: (dd/mm/aaaa)
 Fecha Inicio: Fecha de Fin:

Generar Informe Consultar Kc

Resultados

Introduciendo los datos, podemos obtener el Informe, así como consultar el valor del coeficiente de cultivo Kc:

Programa orientativo de riego localizado

Datos

Cultivo y Variedad: MELOCOTONERO - Temprano
 Estación: JUB1 - JUMILLA (Roman)
 Suelo: Franco-Arcillosa

Marco de Plantación

Entre Plantas: 6 x Entre Filas: 6 = Total: 36 m2 Plantas por Hectárea: 278

Datos de la instalación

Coef. Uniformidad: 90 %
 Diámetro copa(m): 2.5 Nº Emisores planta: 4
 Caudal Emisor(l/h): 4 C.E. agua(ds/m): 1.7

Ajustes del Informe

Periodicidad: Mensual (mm/aaaa)
 Fecha Inicio: 01/2024 Fecha de Fin: 12/2024

Generar Informe Consultar Kc

Cerrar esta ventana

Consulta de Kc

Estos son los datos de Kc para el siguiente cultivo y estación:

Nombre	Inicio	Fin	Dias	Kc
Prefloración	01/01	16/02	47	0.20
Floración y Cuajado	17/02	03/03	15	0.25
Endurecimiento del hueso	04/03	15/04	43	0.30
Engorde	16/04	05/05	20	0.35
Engorde, maduración y recolección	06/05	25/05	20	0.55
Postcosecha	26/05	30/09	128	0.45
Pre-parada invernal	01/10	31/10	31	0.40
Parada invernal Noviembre	01/11	30/11	30	0.25
Parada invernal Diciembre	01/12	31/12	31	0.15

UNA MANERA DE HACER EUROPA



Resultados

Cultivo y Variedad: MELOCOTONERO - Temprano **Marco:** 6x6
Suelo: Franco-Arcillosa **Plantas por Hectárea:** 278
Estación: JU81, Román(Aljuzarejo) (Jumilla) **Coef. Uniformidad:** 90%
Método Cálculo ET₀: Penman Monteith **Emisores Planta:** 4
Caudal Emisor(l/h): 4 **C.E. agua(ds/m):** 1.7

Fecha	mm/periodo	l/planta periodo	m ³ /Ha periodo	Horas/periodo	Minutos/periodo
01/01/2024	0	4	37	0	16
01/02/2024	0	8	64	0	29
01/03/2024	0	14	124	0	54
01/04/2024	1	22	186	1	23
01/05/2024	1	41	351	2	32
01/06/2024	1	44	366	2	44
01/07/2024	1	53	453	3	17
01/08/2024	1	45	388	2	48
01/09/2024	1	31	258	1	56
01/10/2024	1	19	164	1	11
01/11/2024	0	7	57	0	25
01/12/2024	0	3	28	0	12
Suma:			2.477		

Nota: Se recomiendan riegos mayores de 2 horas y menores de 6 horas. En caso de estar fuera de estos límites agrupar o dividir los riegos. En caso de texturas extremas (arcillosas y arenosas) acudir a los agentes de la Oficina Comarcal Agraria (Altiplano) para estimar los tiempos de riego adecuados.

Una vez finalizado el calendario anual de riego no interrumpir las aportaciones de agua totalmente. Posteriormente se debe de ir disminuyendo el régimen de humedad del suelo hasta llegar a un nivel medio mientras permanezcan racimos en la parra. Después bajar la humedad hasta un nivel medio-bajo que se mantendrá durante todo el invierno.

Resultados

Cultivo y Variedad: MELOCOTONERO - Temprano **Marco:** 6x6
Suelo: Franco-Arcillosa **Plantas por Hectárea:** 278
Estación: JUB1, Román(Aljuzarejo) (Jumilla) **Coef. Uniformidad:** 90%
Método Cálculo ET₀: Penman Monteith **Emisores Planta:** 4
Caudal Emisor(l/h): 4 **C.E. agua(ds/m):** 1.7

Fecha	mm/periodo	l/planta periodo	m3/Ha periodo	H		
01/01/2024	0	4	37			
01/02/2024	0	8	64			
01/03/2024	0	14	124			
01/04/2024	1	22	186			
01/05/2024	1	41	351			
01/06/2024	1	44	366			
01/07/2024	1	53	453			
01/08/2024	1	45	388			
01/09/2024	1	31	258	1	56	Descargar
01/10/2024	1	19	164	1	11	
01/11/2024	0	7	57	0	25	
01/12/2024	0	3	28	0	12	
Suma:			2.477			

Nota: Se recomiendan riegos mayores de 2 horas y menores de 6 horas. En caso de estar fuera de estos límites agrupar o dividir los riegos. En caso de texturas extremas (arcillosas y arenosas) acudir a los agentes de la Oficina Comarcal Agraria (Altiplano) para estimar los tiempos de riego adecuados.

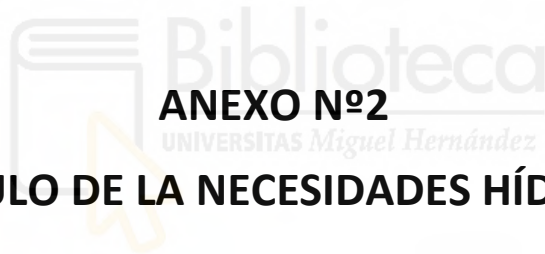
Una vez finalizado el calendario anual de riego no interrumpir las aportaciones de agua totalmente. Posteriormente se debe de ir disminuyendo el régimen de humedad del suelo hasta llegar a un nivel medio mientras permanezcan racimos en la parra. Después bajar la humedad hasta un nivel medio-bajo que se mantendrá durante todo el invierno.



La tabla de resultados podemos exportarla a Excel, obteniendo el fichero "riego.csv".

	A	B	C	D	E	F	
1	Fecha	mm/periodo	l/planta periodo	m3/Ha periodo	Horas/periodo	Minutos/periodo	
2	01/01/2024	0	4	37	0	16	
3	01/02/2024	0	8	64	0	29	
4	01/03/2024	0	14	124	0	54	
5	01/04/2024	1	22	186	1	23	
6	01/05/2024	1	41	351	2	32	
7	01/06/2024	1	44	366	2	44	
8	01/07/2024	1	53	453	3	17	
9	01/08/2024	1	45	388	2	48	
10	01/09/2024	1	31	258	1	56	
11	01/10/2024	1	19	164	1	11	
12	01/11/2024	0	7	57	0	25	
13	01/12/2024	0	3	28	0	12	
14							
15							





ANEXO N°2
CÁLCULO DE LA NECESIDADES HÍDRICAS

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	1
1.1.- Antecedentes	1
1.2.- Objetivos	1
2.- CARACTERÍSTICAS DE LA FINCA Y CULTIVO	1
3.- EDAFOLOGÍA	1
4.- CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE LA FINCA	2
4.1.- Evapotranspiración de referencia	2
4.2.- Evapotranspiración del cultivo. Coeficiente del cultivo	3
5.- NECESIDADES HÍDRICAS	5
5.1.- Necesidades hídricas netas	5
5.2.- Necesidades hídricas totales o brutas	6



1.- INTRODUCCIÓN

Todos los cálculos que han sido necesarios para obtener las necesidades hídricas, se han realizado en la primera hoja (“NECESIDADES”) del Excel llamado “CAPACIDAD_BALSA”.

1.1.- Antecedentes

En las zonas áridas y semiáridas, como el sureste peninsular, la disponibilidad de agua es el principal factor que limita el desarrollo agrícola. Por esta razón, el riego es una práctica fundamental para garantizar el abastecimiento hídrico de los cultivos, siendo imprescindible su correcta gestión y optimización.

El uso eficiente del agua debe estar en consonancia con el sistema de riego seleccionado, considerando criterios técnicos y agronómicos. En esta finca, donde se implementará el riego por goteo, es crucial determinar la cantidad de agua a aplicar, el tiempo de riego adecuado, minimizar las pérdidas por drenaje y facilitar las labores agrícolas, además de considerar factores medioambientales.

Para realizar los cálculos de este anexo, se han estimado las necesidades hídricas de los cultivos basándose en el promedio de precipitaciones de los últimos diez años y en los valores de evapotranspiración de referencia (ETO) proporcionados por la estación meteorológica más cercana, la Estación de JU81.

1.2.- Objetivos

El propósito principal de este anexo es calcular la demanda hídrica total de los cultivos en la finca, considerando las condiciones climáticas y del suelo. Este análisis es esencial para dimensionar correctamente la balsa que almacenará el agua destinada al riego.

2.- CARACTERÍSTICAS DE LA FINCA Y CULTIVO

La finca que será abastecida por la balsa de almacenamiento tiene 50,28 ha, las cuales van a ser destinadas al cultivo del melocotonero temprano, y serán regados mediante una instalación de riego por goteo.

3.- EDAFOLOGÍA

Para el cálculo de las necesidades hídricas debemos tener en cuenta la textura del suelo donde pretendemos instaurar el cultivo. En nuestro caso el suelo agrícola de la finca,

presenta una textura franco-limosa. Estos suelos presentan una buena productividad agrícola ya que poseen una buena capacidad de retención de agua.

4.- CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE LA FINCA

Para determinar las necesidades de la balsa, se utilizan los siguientes datos generales:

Tabla 1

Datos iniciales

PARÁMETRO	VALOR
Superficie (ha)	50,2777
Cultivo	Melocotonero
Variedad	Temprano
CEar (ds/m)	1,5
maxCEes (ds/m)	7
RL	0,1071 (10,71%)
Efa	0,9
Efu	0,9
Efs=1-RL	0,89

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

4.1.- Evapotranspiración de referencia

Para el cálculo agronómico se han recogido datos de la ETO obtenidos del SIAM (<http://siam.imida.es/>): Evapotranspiración según FAO. Informe Mensual Agrometeorológico Personalizado para la estación JU81 en el período del 01/01/2014 al 31/12/2024. La ETO recogida es calculada mediante el método FAO Penman-Monteith. A continuación, se muestra la media mensual obtenida para la zona de estudio:

Tabla 2*ETO media mensual 2014-2024*

Mes	Días/mes	ETO (mm/mes)
Enero	31	42,74
Febrero	28	56,50
Marzo	31	89,45
Abril	30	113,59
Mayo	31	156,39
Junio	30	178,85
Julio	31	200,03
Agosto	31	171,59
Septiembre	30	115,78
Octubre	31	76,78
Noviembre	30	45,87
Diciembre	31	35,21
Total	365	1282,78

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

4.2.- Evapotranspiración del cultivo. Coeficiente del cultivo

Una gran parte del agua que las plantas absorben se libera a la atmósfera a través de la superficie de sus hojas en un proceso llamado transpiración, así como mediante la evaporación del agua presente en el suelo del cultivo. La combinación de ambos procesos se conoce como evapotranspiración (ET).

Cuando la evapotranspiración ocurre sin limitaciones de agua, se denomina evapotranspiración máxima del cultivo (ETc), que representa la cantidad de agua que debe ser suministrada al suelo a lo largo de la temporada, ya sea a través de la lluvia o del riego.

Para calcularla, se emplea el método propuesto por la FAO (Doorembos y Pruitt, 1977), donde la ETc se obtiene con la siguiente ecuación:

$$ETc = ETO \times Kc$$

Siendo:

- **ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/mes)**
- **ETO = Evapotranspiración de referencia (mm/mes)**
- **Kc = Coeficiente de cultivo, que varía según la fase de desarrollo del mismo.**

Donde la Kc son valores obtenidos del SIAM (<http://siam.imida.es/>) para el cultivo de melocotonero temprano y la estación JU81 en el período del 01/01/2024 al 31/12/2025. Fertirrigación<>Programa Orientativo de Riego Localizado.

Tabla 3*Coefficientes de cultivo medios*

Mes	Kc
Enero	0,20
Febrero	0,25
Marzo	0,30
Abril	0,35
Mayo	0,55
Junio	0,45
Julio	0,45
Agosto	0,45
Septiembre	0,45
Octubre	0,40
Noviembre	0,25
Diciembre	0,15

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

Aplicando la ecuación anteriormente expuesta, conociendo los datos de evapotranspiración recopilados de la estación meteorológica y los coeficientes de cultivo Kc, se calcula la ETc:

Tabla 4*Eto y Etc media mensual en mm/mes*

Mes	Días/mes	ETo (mm/mes)	Kc	ETc (mm/mes)
Enero	31	42,74	0,20	8,55
Febrero	28	56,50	0,25	14,13
Marzo	31	89,45	0,30	26,84
Abril	30	113,59	0,35	39,76
Mayo	31	156,39	0,55	86,01
Junio	30	178,85	0,45	80,48
Julio	31	200,03	0,45	90,01
Agosto	31	171,59	0,45	77,22
Septiembre	30	115,78	0,45	52,10
Octubre	31	76,78	0,40	30,71
Noviembre	30	45,87	0,25	11,47
Diciembre	31	35,21	0,15	5,28
Total	365	1282,78		522,55

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

5.- NECESIDADES HÍDRICAS

5.1.- Necesidades hídricas netas

Para el cálculo de las necesidades hídricas netas de un cultivo, además de las ETc, se tiene en cuenta la precipitación efectiva (Pe) que se da en la zona. pero en nuestro caso lo hemos calculado sin la necesidad de obtener la precipitación efectiva con la siguiente fórmula:

$$Nns = ETc / 1-RL$$

Aplicando la fórmula expuesta obtenemos los siguientes valores:

Tabla 5

Necesidades hídricas netas

Mes	Nns (mm/mes)
Enero	9,57
Febrero	15,82
Marzo	30,06
Abril	44,53
Mayo	96,34
Junio	90,14
Julio	100,82
Agosto	86,48
Septiembre	58,35
Octubre	34,40
Noviembre	12,84
Diciembre	5,92
Total	585,26

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

También se calculan las necesidades netas con la siguiente fórmula:

$$Nn = \frac{ETc}{Efa}$$

Dando lugar a los siguientes valores:

Tabla 6*Necesidades hídricas netas*

Mes	Nn (mm/mes)
Enero	9,50
Febrero	15,69
Marzo	29,82
Abril	44,17
Mayo	95,57
Junio	89,43
Julio	100,02
Agosto	85,80
Septiembre	57,89
Octubre	34,12
Noviembre	12,74
Diciembre	5,87
Total	580,61

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

5.2.- Necesidades hídricas totales o brutas

Además de las necesidades derivadas de las condiciones climáticas y del cultivo en cuestión, son necesarias otras cantidades de agua adicionales para compensar las pérdidas producidas por las condiciones del medio en el que se desarrolla el cultivo.

Las necesidades brutas de riego (necesidades totales) en ausencia de sales en el agua de riego, vienen dadas por la siguiente relación:

$$N_t = \frac{\text{máx}\{N_{ns}, N_n\}}{E_{fu}}$$

Donde:

- N_t , son las necesidades hídricas brutas (totales) y vienen dadas en (mm/mes)
- N_{ns} y N_n , son las necesidades hídricas netas (mm/mes), calculadas anteriormente para cada mes del año, teniéndose que quedar con la de mayor valor de cada mes, que en este caso se corresponden todas a la del primer cálculo (N_{ns}).
- E_{fu} es la eficiencia total de aplicación, que para el caso resulta

Respecto a la eficiencia total de aplicación, se define como la relación entre el volumen de agua almacenado a profundidad radicular y el volumen total que llega a la parcela.

En riegos localizados de alta frecuencia, las pérdidas producidas a causa del transporte dentro de la parcela son nulas, siendo las producidas debidas a la percolación no controlable

fuera del alcance radicular, a la falta de uniformidad de descarga de los emisores y a las producidas por la salinidad del agua de riego.

En nuestro caso la eficiencia total de aplicación toma el valor de 0,9.

Dentro de la eficiencia total de aplicación no se contemplan pérdidas por salinidad de agua de riego, ya que ésta es de excelente calidad.

De acuerdo con lo anteriormente dicho, obtenemos los siguientes resultados:

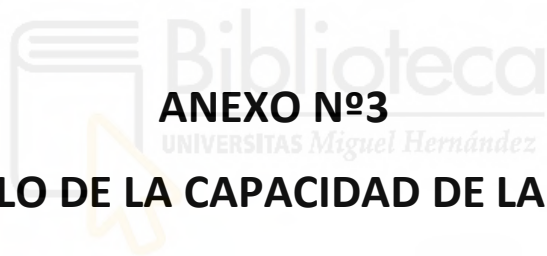
Tabla 7

Necesidades hídricas totales

Mes	Nt (mm/mes)	Nt (m ³ /ha)	Nt (m ³)
Enero	10,64	106,38	5.348,30
Febrero	17,58	175,78	8.837,70
Marzo	33,39	333,95	16.790,07
Abril	49,47	494,75	24.874,77
Mayo	107,04	1.070,40	53.817,38
Junio	100,16	1.001,56	50.356,13
Julio	112,02	1.120,17	56.319,47
Agosto	96,09	960,90	48.312,04
Septiembre	64,84	648,37	32.598,45
Octubre	38,22	382,19	19.215,82
Noviembre	14,27	142,71	7.174,96
Diciembre	6,57	65,73	3.304,52
Total	650,29	6.502,88	326.949,63

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

Por lo que finalmente concluimos en que el cultivo que será llevado a cabo en la finca tendrá unas necesidades hídricas totales de **326.949,63 m³/año**.



ANEXO N°3

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA Balsa

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- DEPURADORA	1
2.1.- 1º Método	1
2.2.- 2º Método	6
2.3.- 3º Método	11
3.- POZO	15
3.1.- 1º Método	16
3.2.- 2º Método	25
4.- TRASVASE	27



1.- INTRODUCCIÓN

Se va a realizar el balance entre las aportaciones y las necesidades en tres supuestos diferentes, y cada uno de ellos calculados de diferentes formas con distintos métodos. Siendo todos ellos calculados en el Excel con nombre: "CAPACIDAD_BALSA".

2.- DEPURADORA

En este primer supuesto, para hallar la capacidad máxima de la balsa se puede realizar mediante tres métodos diferentes.

Antes de entrar en los cálculos, se presentan algunos datos fundamentales:

- **Superficie cultivada:** 50,2777 ha
- **Cultivo:** Melocotonero
- **Caudal medio en distintos períodos:**
 - Octubre - Marzo: 700 m³/día
 - Abril - Septiembre: 1.100 m³/día
- **Factor de ajuste:** 1.005354

Estos datos sirven para estimar los volúmenes de agua requeridos y disponibles en cada mes.

2.1.- 1º Método

CÁLCULO DEL VOLUMEN MÁXIMO ACUMULADO

- PASO 1: DETERMINAR EL CONSUMO DE AGUA MENSUAL

Se calcula la necesidad de riego mensual en función de la superficie y la demanda de agua del cultivo. Este valor representa el agua requerida por la plantación cada mes, es decir, las necesidades totales que ya tenemos calculadas del Anexo 1.

Tabla 1*Necesidades hídricas totales*

Mes	Días/mes	Nt (m ³)
Enero	31	5.348,30
Febrero	28	8.837,70
Marzo	31	16.790,07
Abril	30	24.874,77
Mayo	31	53.817,38
Junio	30	50.356,13
Julio	31	56.319,47
Agosto	31	48.312,04
Septiembre	30	32.598,45
Octubre	31	19.215,82
Noviembre	30	7.174,96
Diciembre	31	3.304,52
Total	365	326.949,63

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

- **PASO 2: DETERMINAR LA APORTACIÓN DE AGUA MENSUAL**

Columna "Aportación (m³)"

Representa la cantidad de agua que se recibe cada mes.

Se obtiene multiplicando los días del mes por el caudal diario disponible.

Fórmula:

$$\text{Aportación} = \text{Día del mes} \times \text{Caudal diario}$$

Siendo el caudal de los meses de octubre a marzo de 700 m³/día y de los meses de abril a septiembre de 1.100 m³/día.

Tabla 2

Aportación de agua mensual

	B	C	D	E	F
Datos					
Superficie (ha)		50,28		Q (oct-marz) (m³/día)	700
Cultivo:		Melocotonero		Q (abr-sep) (m³/día)	1.100
Variedad:		Temprano		Factor de ajuste (1)	1,005
Mes	Días/mes	Nt (m³)		Aportación (m³)	Riego (m³)
Enero	31	5.348,30		=C9*\$F\$2	5.376,93
Febrero	28	8.837,70		19.600	8.885,02
Marzo	31	16.790,07		21.700	16.879,96
Abril	30	24.874,77		33.000	25.007,94
Mayo	31	53.817,38		34.100	54.105,50
Junio	30	50.356,13		33.000	50.625,72
Julio	31	56.319,47		34.100	56.620,99
Agosto	31	48.312,04		34.100	48.570,69
Septiembre	30	32.598,45		33.000	32.772,97
Octubre	31	19.215,82		21.700	19.318,70
Noviembre	30	7.174,96		21.000	7.213,38
Diciembre	31	3.304,52		21.700	3.322,21
Total	365	326.949,63		328.700,00	328.700,00

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

- **PASO 3: DETERMINAR EL RIEGO MENSUAL**

Columna "**Riego (m³)**"

Es la cantidad de agua extraída para riego, ajustada con el factor de ajuste.

Fórmula:

$$Riego = Nt(m^3) \times \text{Factor de ajuste}$$

Tabla 3*Riego de agua mensual*

B	C	D	E	F
Datos				
Superficie (ha)	50,28		Q (oct-marz) (m³/día)	700
Cultivo:	Melocotonero		Q (abr-sep) (m³/día)	1.100
Variedad:	Temprano		Factor de ajuste (1)	1,005
Mes	Días/mes	Nt (m³)	Aportación (m³)	Riego (m³)
Enero	31	5.348,30	21.700	=D9*\$F\$4
Febrero	28	8.837,70	19.600	8.885,02
Marzo	31	16.790,07	21.700	16.879,96
Abril	30	24.874,77	33.000	25.007,94
Mayo	31	53.817,38	34.100	54.105,50
Junio	30	50.356,13	33.000	50.625,72
Julio	31	56.319,47	34.100	56.620,99
Agosto	31	48.312,04	34.100	48.570,69
Septiembre	30	32.598,45	33.000	32.772,97
Octubre	31	19.215,82	21.700	19.318,70
Noviembre	30	7.174,96	21.000	7.213,38
Diciembre	31	3.304,52	21.700	3.322,21
Total	365	326.949,63	328.700,00	328.700,00

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

La aportación total (328.700,00 m³) es ligeramente superior a las necesidades totales (326.949,63 m³), por lo que será necesario ajustar las necesidades mensuales a las aportaciones mensuales mediante un factor de ajuste obtenido del cociente entre la aportación anual y las necesidades totales anuales, siendo su valor de 1,005.

- **PASO 4: CALCULAR EL VOLUMEN FINAL DE LA Balsa**

Columnas "Vol. Inicial (m³)" y "Vol. Final (m³)"

Se calcula el volumen final del mes sumando la aportación y restando el riego. El volumen inicial del mes siguiente es el volumen final del mes actual.

Fórmula:

$$\text{Vol. final} = \text{Vol. inicial} + \text{Aportaciones} - \text{Riego}$$

Tabla 4

Volumen final de la balsa

	A	B	C	D	E	F	G	H
6								
7		Mes	Días/mes	Nt (m³)	Aportación (m³)	Riego (m³)	Vol. Inicial (m³)	Vol. Final (m³)
8								
9		Enero	31	5.348,30	21.700	5.376,93	34.772,74	=E9-F9+G9
10		Febrero	28	8.837,70	19.600	8.885,02	51.095,81	61.810,80
11		Marzo	31	16.790,07	21.700	16.879,96	61.810,80	66.630,84
12		Abril	30	24.874,77	33.000	25.007,94	66.630,84	74.622,90
13		Mayo	31	53.817,38	34.100	54.105,50	74.622,90	54.617,40
14		Junio	30	50.356,13	33.000	50.625,72	54.617,40	36.991,67
15		Julio	31	56.319,47	34.100	56.620,99	36.991,67	14.470,69
16		Agosto	31	48.312,04	34.100	48.570,69	14.470,69	0,00
17		Septiembre	30	32.598,45	33.000	32.772,97	0,00	227,03
18		Octubre	31	19.215,82	21.700	19.318,70	227,03	2.608,33
19		Noviembre	30	7.174,96	21.000	7.213,38	2.608,33	16.394,95
20		Diciembre	31	3.304,52	21.700	3.322,21	16.394,95	34.772,74
21		Total	365	326.949,63	328.700,00	328.700,00	414.243,17	414.243,17

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

- 1.- El objetivo es conseguir que en los meses de máximo consumo (de mayo a agosto) haya el agua suficiente para abastecer las necesidades de riego. En el mes de **septiembre** se observa que las aportaciones vuelven a ser superiores a las necesidades, la balsa se queda vacía.
- 2.- En la **columna H**, en la primera celda, introducimos la siguiente fórmula: "**H9=G9+E9-F9**"
- 3.- En la **columna G**, excepto en la celda **G9**, introducimos la siguiente fórmula: "**G10-H9**", es decir, el volumen inicial de ese mes es igual al volumen final del mes anterior.
- 4.- El balance se realiza tanteando un volumen inicial en el mes de enero (celda "**G9**") para conseguir que todos los valores de volumen almacenado sean superiores a cero.
- 5.- Como las aportaciones totales coinciden con las necesidades totales, el volumen final en el mes de diciembre coincide con el volumen inicial en el mes de enero.

- **PASO 5: DETERMINAR LA CAPACIDAD MÁXIMA DE LA Balsa**

La capacidad máxima se define como el **mayor volumen final registrado** en el año.

Tabla 5*Capacidad máxima de la balsa*

Riego (m ³)	Vol. Inicial (m ³)	Vol. Final (m ³)
5.376,93	34.772,74	51.095,81
8.885,02	51.095,81	61.810,80
16.879,96	61.810,80	66.630,84
25.007,94	66.630,84	74.622,90
54.105,50	74.622,90	54.617,40
50.625,72	54.617,40	36.991,67
56.620,99	36.991,67	14.470,69
48.570,69	14.470,69	0,00
32.772,97	0,00	227,03
19.318,70	227,03	2.608,33
7.213,38	2.608,33	16.394,95
3.322,21	16.394,95	34.772,74
328.700,00	414.243,17	414.243,17
Capacidad max de la balsa		74622,90 m³

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

En este caso, el **máximo volumen alcanzado es 74.622,9 m³** (en abril).

2.2.- 2º Método

ANÁLISIS DE EXCEDENTES Y DÉFICITS

- PASO 1: CALCULAR LA APORTACIÓN Y EL RIEGO ACUMULADO

Columnas "Aportación Acum. (m³)" y "Riego Acum. (m³)".

Se suman las aportaciones y riegos de todos los meses hasta ese punto del año.

Tabla 6

Aportación y riego acumulado

B	C	D	E	F	G	H	I	J
Mes	Días/mes	Nt (m³)	Aportación (m³)	Riego (m³)	Vol. Inicial (m³)	Vol. Final (m³)	Aportación acum. (m³)	Riego acum. (m³)
Enero	31	5.348,30	21.700	5.376,93	34.772,74	51.095,81	21.700,00	5.376,93
Febrero	28	8.837,70	19.600	8.885,02	51.095,81	61.810,80	41.300,00	14.261,95
Marzo	31	16.790,07	21.700	16.879,96	61.810,80	66.630,84	63.000,00	31.141,90
Abril	30	24.874,77	33.000	25.007,94	66.630,84	74.622,90	96.000,00	56.149,84
Mayo	31	53.817,38	34.100	54.105,50	74.622,90	54.617,40	130.100,00	110.255,35
Junio	30	50.356,13	33.000	50.625,72	54.617,40	36.991,67	163.100,00	160.881,07
Julio	31	56.319,47	34.100	56.620,99	36.991,67	14.470,69	197.200,00	217.502,05
Agosto	31	48.312,04	34.100	48.570,69	14.470,69	0,00	231.300,00	266.072,74
Septiembre	30	32.598,45	33.000	32.772,97	0,00	227,03	264.300,00	298.845,72
Octubre	31	19.215,82	21.700	19.318,70	227,03	2.608,33	286.000,00	318.164,41
Noviembre	30	7.174,96	21.000	7.213,38	2.608,33	16.394,95	307.000,00	325.377,79
Diciembre	31	3.304,52	21.700	3.322,21	16.394,95	34.772,74	328.700,00	328.700,00
Total	365	326.949,63	328.700,00	328.700,00	414.243,17	414.243,17	2.129.700,00	2.132.729,76

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

Ejemplo para marzo:

$$\text{Aportación Acumulada} = 21.700 + 19.600 + 21.700 = 63.000 \text{ m}^3$$

$$\text{Riego Acumulado} = 5.376,93 + 8.885,02 + 16.879,96 = 31.141,90 \text{ m}^3$$

En la columna "G" se calculan las aportaciones acumuladas mes a mes. En la columna "H" se calculan las necesidades acumuladas mes a mes. En la columna "I" se calcula la diferencia entre las aportaciones acumuladas y las necesidades acumuladas mes a mes: **columna "I" = columna "G" - columna "H"**.

- **PASO 2: CALCULAR LA DIFERENCIA ACUMULADA**

Columna "**Diferencia (m³)**"

Se calcula la diferencia entre la aportación acumulada y el riego acumulado.

Fórmula:

$$\text{Diferencia} = \text{Aportación acumulada} - \text{Riego acumulado}$$

Tabla 7*Diferencia acumulada*

I	J	K
Aportación acum. (m³)	Riego acum. (m³)	Diferencia (m³)
21.700,00	5.376,93	16.323,07
41.300,00	14.261,95	27.038,05
63.000,00	31.141,90	=I11 - J11
96.000,00	56.149,84	39.850,16
130.100,00	110.255,35	19.844,65
163.100,00	160.881,07	2.218,93
197.200,00	217.502,05	- 20.302,05
231.300,00	266.072,74	- 34.772,74
264.300,00	298.845,72	- 34.545,72
286.000,00	318.164,41	- 32.164,41
307.000,00	325.377,79	- 18.377,79
328.700,00	328.700,00	0,00
2.129.700,00	2.132.729,76	

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

- **PASO 3: IDENTIFICAR LOS MÁXIMOS EXCEDENTE Y DÉFICIT**

Se identifican los valores más altos de la diferencia acumulada positiva (**excedente**) y negativa (**déficit**).

Tabla 8*Máximos excedente y déficit*

Diferencia (m ³)
16.323,07
27.038,05
31.858,10
39.850,16
19.844,65
2.218,93
- 20.302,05
- 34.772,74
- 34.545,72
- 32.164,41
- 18.377,79
0,00

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

En este caso:

- **Máximo Excedente:** 39.850,16 m³
- **Máximo Déficit:** -34.772,74 m³

- **PASO 4: DETERMINAR LA CAPACIDAD DE LA Balsa**

Se toma el valor absoluto de los déficits y excedentes y se suman para definir la capacidad necesaria de la balsa.

Tabla 9*Capacidad máxima de la balsa*

Capacidad max de la balsa	=K25+K26
max (+)	39.850,16
max (-)	34.772,74

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

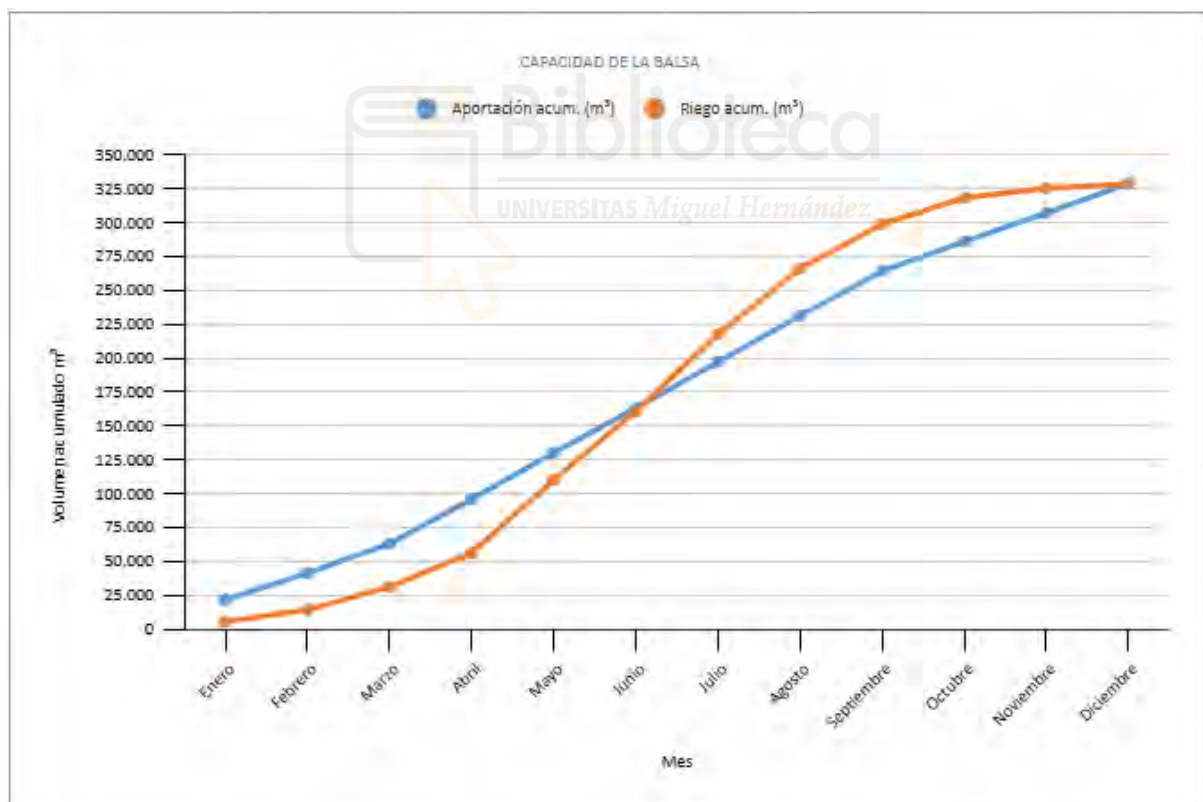
$$\text{Capacidad máxima} = 39.850,16 + 34.772,74 = 74.622,9 \text{ m}^3$$

Se calcula el volumen de la balsa como la suma del máximo valor de los incrementos acumulados de las diferencias entre aportaciones y necesidades para cada mes.

Si se representan todos los valores en una tabla para los meses del año, se obtiene el volumen necesario de la balsa como el máximo valor de los volúmenes de embalse de cada mes. Este valor equivale al máximo valor de los incrementos acumulados de las diferencias entre aportaciones y consumos para cada intervalo de tiempo. Estos valores pueden representarse gráficamente estableciéndose el volumen de la balsa mediante la diferencia entre la curva de aportaciones de la curva de consumos, tal y como se refleja en la figura.

Figura 1

Capacidad de la balsa



Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

2.3.- 3º Método

SOLVER

Este método presenta las mismas columnas y filas que en el 1º Método, pero los cálculos realizados para la obtención de la capacidad de la balsa no son los mismos, en este caso se utiliza Solver, una herramienta de Excel que permite encontrar valores óptimos en función de restricciones establecidas, permitiendo ajustar automáticamente ciertos parámetros para minimizar o maximizar un valor objetivo, en este caso, la capacidad requerida de la balsa.

Su objetivo es hacer mínima la suma de los volúmenes finales de cada mes (celda "H21"), modificando la celda del volumen inicial del mes de enero (celda "G9") y con la restricción de que todos los valores de volumen inicial (columna "G") sean mayores o igual a cero.

Tabla 10

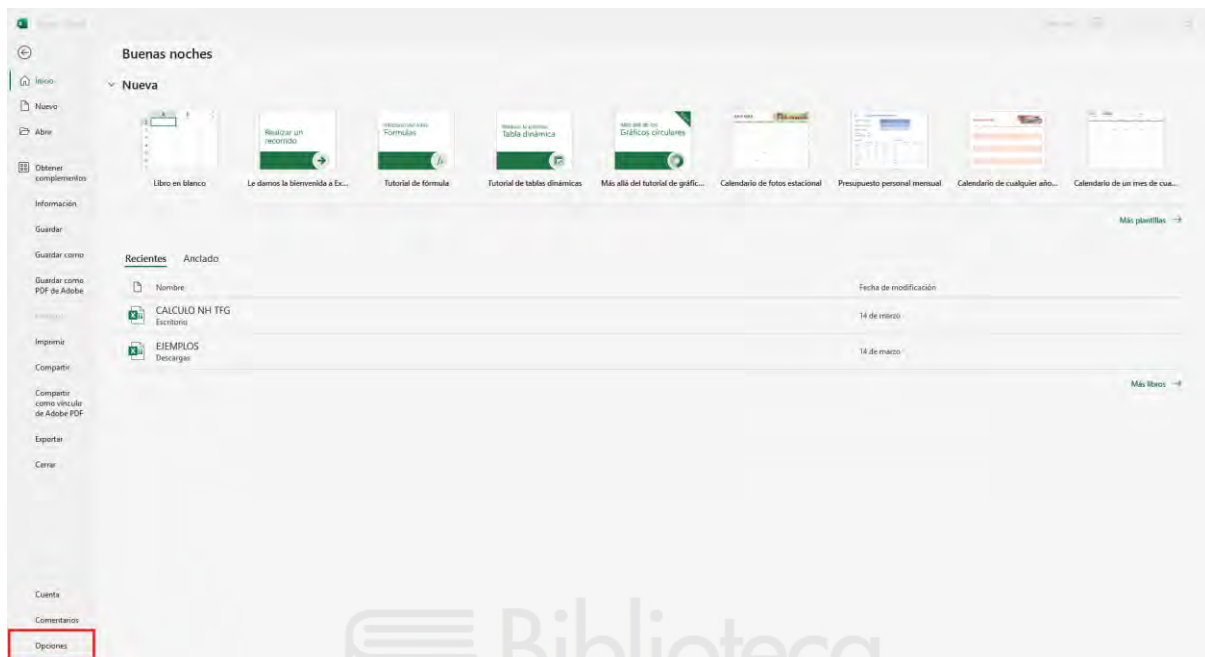
Capacidad de la balsa

	A	B	C	D	E	F	G	H
7		Mes	Días/mes	Nt (m³)	Aportación (m³)	Riego (m³)	Vol. Inicial (m³)	Vol. Final (m³)
8								
9		Enero	31	5.348,30	21.700	5.376,93	35.946,46	52.269,53
10		Febrero	28	8.837,70	19.600	8.885,02	52.269,53	62.984,52
11		Marzo	31	16.790,07	21.700	16.879,96	62.984,52	67.804,56
12		Abril	30	24.874,77	33.000	25.007,94	67.804,56	75.796,62
13		Mayo	31	53.817,38	34.100	54.105,50	75.796,62	55.791,11
14		Junio	30	50.356,13	33.000	50.625,72	55.791,11	38.165,39
15		Julio	31	56.319,47	34.100	56.620,99	38.165,39	15.644,41
16		Agosto	31	48.312,04	34.100	48.570,69	15.644,41	1.173,72
17		Septiembre	30	32.598,45	33.000	32.772,97	1.173,72	1.400,75
18		Octubre	31	19.215,82	21.700	19.318,70	1.400,75	3.782,05
19		Noviembre	30	7.174,96	21.000	7.213,38	3.782,05	17.568,67
20		Diciembre	31	3.304,52	21.700	3.322,21	17.568,67	35.946,46
21		Total	365	326.949,63	328.700,00	328.700,00	428.327,79	428.327,79

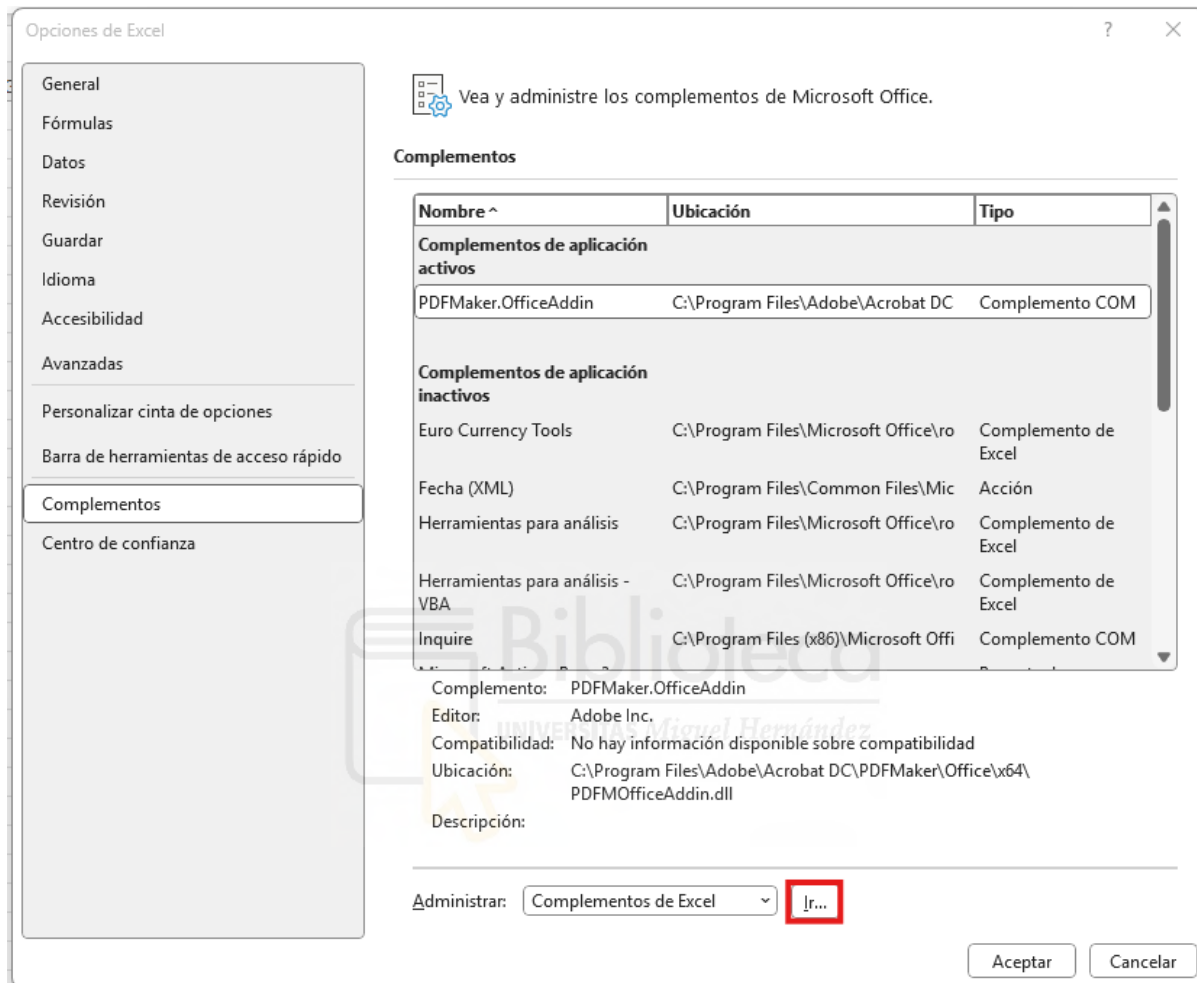
Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

Los pasos para utilizar SOLVER son los siguientes:

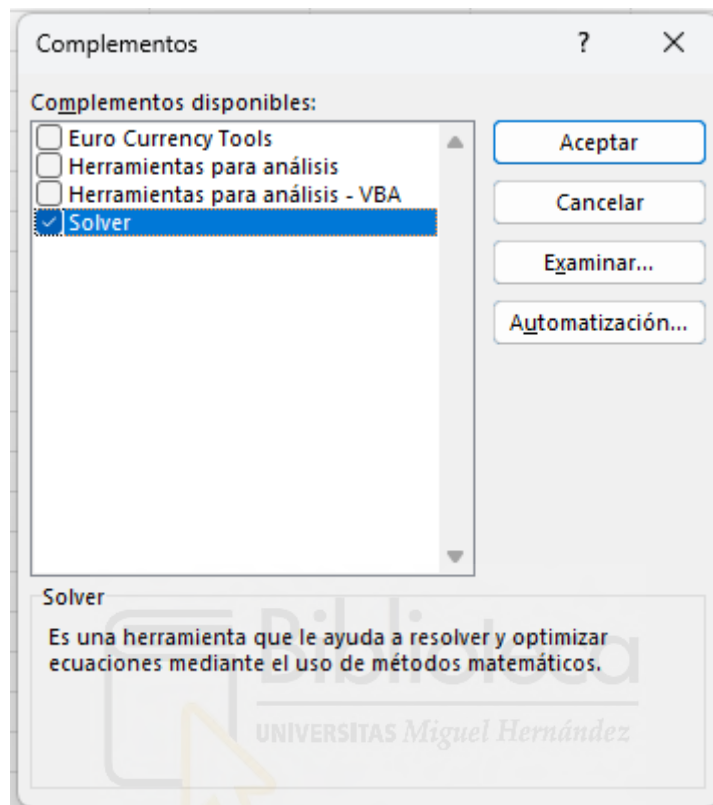
- Primero vamos a ir a la pantalla de inicio y vamos a pulsar en **Opciones**, que se encuentra abajo a la izquierda.



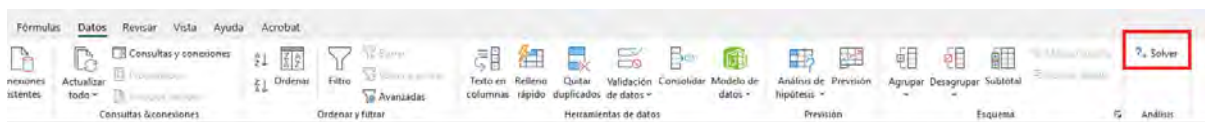
- A continuación, se va a abrir una ventana de opciones de EXCEL, y en la parte izquierda lateral vamos a pulsar en **Complementos** y le damos a **Ir...**



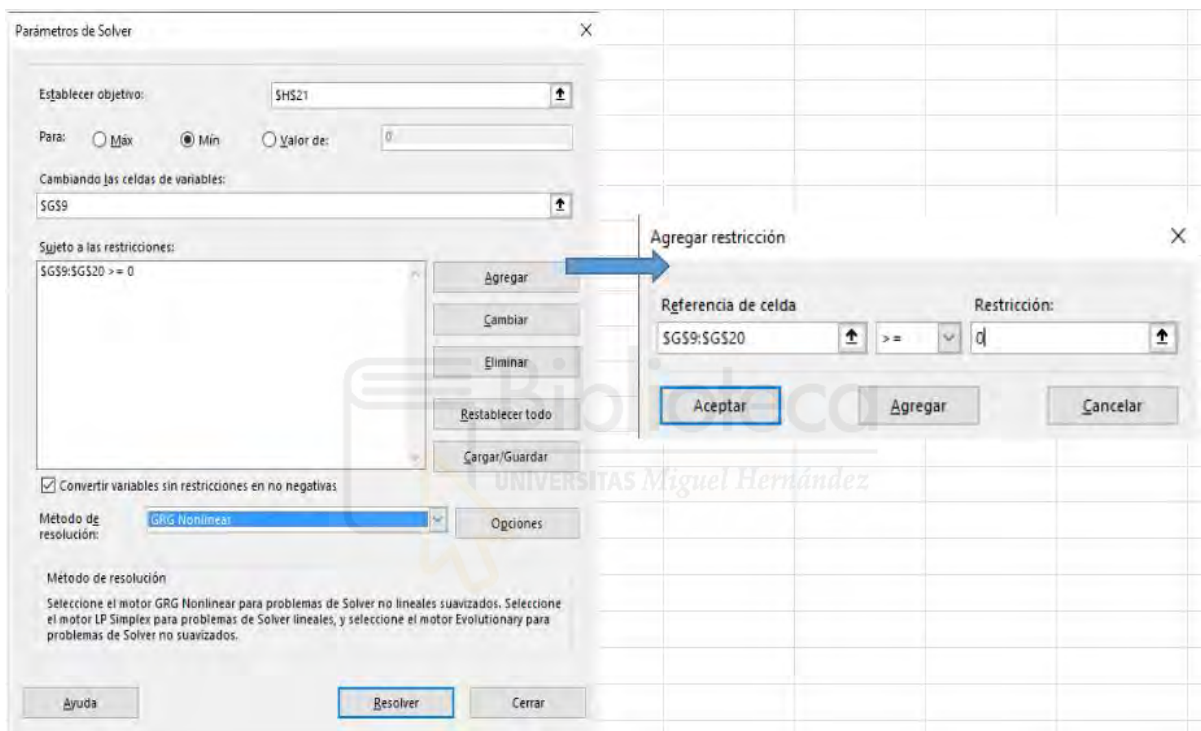
- Después aparecerá una ventana de Complementos donde habrá que marcar en el recuadro de **Solver** y después al de **Aceptar**.



- Tras aceptar, aparentemente parecerá que no se ha producido ningún cambio, pero si nos vamos a la pestaña **Datos**, en la parte derecha aparecerá la opción de **Solver**.



- Al pulsar **Solver** se abrirá una ventana de parámetros de Solver, donde en nuestro caso en la opción de **Establecer objetivo:** escribiremos entre el símbolo \$ la celda donde aparecerá la suma de los volúmenes finales de cada mes. En la opción de **Para:** marcaremos **Mín** y el número **0**, en la opción **Cambiando celdas de la variable:** escribimos la celda también con el símbolo \$ del volumen inicial del mes de enero. Finalmente, le damos a **Agregar** rellenando la celda de **Referencia de celda** con la columna del volumen inicial, poniendo que esos valores sean mayores o iguales a 0. Para que se ejecute la operación hay que darle a **Resolver**.



3.- POZO

En este segundo supuesto el agua de riego procede de una concesión de aguas subterráneas.

Antes de entrar en los cálculos, se presentan algunos datos fundamentales:

- **Superficie cultivada:** 50.2777 ha
- **Cultivo:** Melocotonero

- Caudal (Q) del pozo: 100 m³/h
- Concesión anual: 350.000 m³/año
- Horas anuales: 3.500 h

3.1.- 1º Método

CÁLCULO DEL VOLUMEN MÁXIMO ACUMULADO

- PASO 1: DETERMINAR EL CONSUMO DE AGUA MENSUAL

Se calcula la necesidad de riego mensual en función de la superficie y la demanda de agua del cultivo. Este valor representa el agua requerida por la plantación cada mes, es decir, las necesidades totales que ya tenemos calculadas del Anexo 1.

Tabla 11

Necesidades hídricas totales

Mes	Días/mes	Nt (m ³)
Enero	31	5.348,30
Febrero	28	8.837,70
Marzo	31	16.790,07
Abril	30	24.874,77
Mayo	31	53.817,38
Junio	30	50.356,13
Julio	31	56.319,47
Agosto	31	48.312,04
Septiembre	30	32.598,45
Octubre	31	19.215,82
Noviembre	30	7.174,96
Diciembre	31	3.304,52
Total	365	326.949,63

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

- PASO 2: CÁLCULO DE LAS HORAS MENSUALES DE BOMBEO

Para poder realizar estos cálculos es necesario tener en cuenta las horas en la que se permite el bombeo del agua, con discriminación horaria en las horas valle de consumo

eléctrico (de 24:00 h de la noche a 8:00 h de la mañana, de lunes a viernes y las 24 h los fines de semana).

Tabla 12*Horas valle*

<i>Horas Valle</i>	<i>Días</i>	<i>h/día</i>	<i>h/semana</i>	<i>h/año</i>
De 24:00 a 8:00	5	8	40	2.080
De 00:00 a 24:00	2	24	48	2.496
Total	7	12,6	88	4.576

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

Lo que da lugar a que el bombeo del pozo funcionará un total de **88 h/semana** equivalentes a **12,6 h/día**.

A continuación, se debe tantear el número de horas diarias de bombeo (*columna "E"*), y a esas horas multiplicarle los días que tiene el mes, para así obtener las horas en las que estaría funcionando cada mes.

Tabla 13*Horas diarias de bombeo*

B	C	E	F
Mes	Días/mes	h/día	h/mes
Enero	31	1,75	54,25
Febrero	28	11,93	334,04
Marzo	31	12,50	387,50
Abril	30	12,50	375,00
Mayo	31	12,50	387,50
Junio	30	12,50	375,00
Julio	31	12,50	387,50
Agosto	31	12,50	387,50
Septiembre	30	10,78	323,43
Octubre	31	6,41	198,71
Noviembre	30	2,21	66,30
Diciembre	31	1,19	36,74
Total	365	109,27	3.313,47

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

- **PASO 3: APORTACIÓN MENSUAL DEL POZO**

Columna “Aportación (m³)”

Fórmula:

$$Aportación = \frac{h}{mes} \cdot 100 \text{ m}^3/h$$

Para calcular las aportaciones mensuales y así mediante su suma obtener la aportación en m³ anual, se debe multiplicar las horas de funcionamiento de cada mes que hemos calculado en el paso anterior por el caudal del pozo (100 m³/h).

Tabla 14

Aportaciones mensuales

	A	B	C	D	E	F	G
1		Datos					
2		Superficie (ha)	50,28		Q pozo (m ³ /h)	100	
3		Cultivo	Melocotonero		Concesión (m ³ /año)	350.000	
4		Variedad	Temprano		Horas anuales (h)	3.500	
5							
6							
7		Mes	Días/mes	Nt	h/día	h/mes	Aportación
8				(m³)			(m³)
9		Enero	31	5.348,30	1,75	54,25	5.425,00
10		Febrero	28	8.837,70	11,93	334,04	33.404,00
11		Marzo	31	16.790,07	12,50	387,50	38.750,00
12		Abril	30	24.874,77	12,50	375,00	37.500,00
13		Mayo	31	53.817,38	12,50	387,50	38.750,00
14		Junio	30	50.356,13	12,50	375,00	37.500,00
15		Julio	31	56.319,47	12,50	387,50	38.750,00
16		Agosto	31	48.312,04	12,50	387,50	38.750,00
17		Septiembre	30	32.598,45	10,78	323,43	32.343,00
18		Octubre	31	19.215,82	6,41	198,71	19.871,00
19		Noviembre	30	7.174,96	2,21	66,30	6.630,00
20		Diciembre	31	3.304,52	1,19	36,74	3.673,50
21		Total	365	326.949,63	109,27	3.313,47	331.346,50

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

Se comprueba que con el caudal del pozo se pueden extraer las necesidades totales durante las horas valle de funcionamiento:

$$\text{Horas necesarias} \left(\frac{h}{\text{año}} \right) = \frac{\text{Aportación} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{año}} \right)}{\text{Caudal} \left(\frac{\text{m}^3}{h} \right)} = \frac{331.346,5 \text{ m}^3/\text{año}}{100 \text{ m}^3/h} = 3.313,46 \text{ h/año}$$

$$\text{Horas disponibles} \left(\frac{h}{\text{año}} \right) = 88 \left(\frac{h}{\text{semana}} \right) \cdot 52 \left(\frac{\text{semanas}}{\text{año}} \right) = 4.576 \text{ h/año}$$

Se compara el caudal de bombeo del pozo con el caudal máximo demandado en el mes de máxima necesidad (mes de mayo)

Tabla 15

Comparación de caudales

<i>mes de mayo</i>	<i>Días</i>	<i>h/día</i>	<i>h/mes</i>
	23	8	184
	8	24	192
	31		376

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

$$\frac{\text{necesidades máximas (mayo)}}{\text{h de funcionamiento (mayo)}} = \frac{59.151,46 \text{ m}^3}{376 \text{ h}} = 157,32 \text{ m}^3/h$$

- **PASO 4: DETERMINAR RIEGO MENSUAL**

Columna "**Riego (m³)**"

Es la cantidad de agua extraída para riego, en este caso es la misma que la calculada en las necesidades netas (Nt) que el cultivo requiere.

Fórmula:

$$\text{Riego} = Nt \text{ (m}^3\text{)}$$

Tabla 16

Riego mensual

Mes	Días/mes	Nt (m ³)	h/día	h/mes	Aportación (m ³)	Riego (m ³)
Enero	31	5.348,30	1,75	54,25	5.425,00	5.348,30
Febrero	28	8.837,70	11,93	334,04	33.404,00	8.837,70
Marzo	31	16.790,07	12,50	387,50	38.750,00	16.790,07
Abril	30	24.874,77	12,50	375,00	37.500,00	24.874,77
Mayo	31	53.817,38	12,50	387,50	38.750,00	53.817,38
Junio	30	50.356,13	12,50	375,00	37.500,00	50.356,13
Julio	31	56.319,47	12,50	387,50	38.750,00	56.319,47
Agosto	31	48.312,04	12,50	387,50	38.750,00	48.312,04
Septiembre	30	32.598,45	10,78	323,43	32.343,00	32.598,45
Octubre	31	19.215,82	6,41	198,71	19.871,00	19.215,82
Noviembre	30	7.174,96	2,21	66,30	6.630,00	7.174,96
Diciembre	31	3.304,52	1,19	36,74	3.673,50	3.304,52
Total	365	326.949,63	109,27	3.313,47	331.346,50	326.949,63

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

- **PASO 5: CALCULAR EL VOLUMEN FINAL DE LA Balsa**

Columnas "Vol. Inicial (m³)" y "Vol. Final (m³)"

Se calcula el volumen final del mes sumando la aportación y restando el riego.
El volumen inicial del mes siguiente es el volumen final del mes actual.

Fórmula:

$$Vol. final = Vol. inicial + Aportaciones - Riego$$

1.-El objetivo es conseguir que en los meses de máximo consumo (de mayo a agosto) haya el agua suficiente para abastecer las necesidades de riego.

2.- En la **columna I**, en la primera celda introducimos la siguiente fórmula: "**I9=G9-H9**"

Tabla 17

Cálculo volumen inicial

I9 fx =G9-I9

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
7		Mes	Días/mes	Nt	h/día	h/mes	Aportación	Riego	Vol. Inicial
8				(m³)			(m³)	(m³)	(m³)
9		Enero	31	5.348,30	1,75	54,25	5.425,00	5.348,30	76,70
10		Febrero	28	8.837,70	11,93	334,04	33.404,00	8.837,70	76,70
11		Marzo	31	16.790,07	12,50	387,50	38.750,00	16.790,07	24.566,30
12		Abril	30	24.874,77	12,50	375,00	37.500,00	24.874,77	46.526,23
13		Mayo	31	53.817,38	12,50	387,50	38.750,00	53.817,38	59.151,46
14		Junio	30	50.356,13	12,50	375,00	37.500,00	50.356,13	44.084,07
15		Julio	31	56.319,47	12,50	387,50	38.750,00	56.319,47	31.227,94
16		Agosto	31	48.312,04	12,50	387,50	38.750,00	48.312,04	13.658,47
17		Septiembre	30	32.598,45	10,78	323,43	32.343,00	32.598,45	4.096,43
18		Octubre	31	19.215,82	6,41	198,71	19.871,00	19.215,82	3.840,98
19		Noviembre	30	7.174,96	2,21	66,30	6.630,00	7.174,96	4.496,15
20		Diciembre	31	3.304,52	1,19	36,74	3.673,50	3.304,52	3.951,19
21		Total	365	326.949,63	109,27	3.313,47	331.346,50	326.949,63	235.752,62

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

Y las siguientes celdas las vamos igualando a la anterior de la **columna J**, por ejemplo, la celda **I10** la igualaríamos a la celda **J9** y así sucesivamente.

Tabla 18

Cálculo volumen inicial

I10 fx =J9

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
7		Mes	Días/mes	Nt	h/día	h/mes	Aportación	Riego	Vol. Inicial	Vol. Final
8				(m³)			(m³)	(m³)	(m³)	(m³)
9		Enero	31	5.348,30	1,75	54,25	5.425,00	5.348,30	76,70	76,70
10		Febrero	28	8.837,70	11,93	334,04	33.404,00	8.837,70	76,70	24.566,30
11		Marzo	31	16.790,07	12,50	387,50	38.750,00	16.790,07	24.566,30	46.526,23
12		Abril	30	24.874,77	12,50	375,00	37.500,00	24.874,77	46.526,23	59.151,46
13		Mayo	31	53.817,38	12,50	387,50	38.750,00	53.817,38	59.151,46	44.084,07
14		Junio	30	50.356,13	12,50	375,00	37.500,00	50.356,13	44.084,07	31.227,94
15		Julio	31	56.319,47	12,50	387,50	38.750,00	56.319,47	31.227,94	13.658,47
16		Agosto	31	48.312,04	12,50	387,50	38.750,00	48.312,04	13.658,47	4.096,43
17		Septiembre	30	32.598,45	10,78	323,43	32.343,00	32.598,45	4.096,43	3.840,98
18		Octubre	31	19.215,82	6,41	198,71	19.871,00	19.215,82	3.840,98	4.496,15
19		Noviembre	30	7.174,96	2,21	66,30	6.630,00	7.174,96	4.496,15	3.951,19
20		Diciembre	31	3.304,52	1,19	36,74	3.673,50	3.304,52	3.951,19	4.320,17
21		Total	365	326.949,63	109,27	3.313,47	331.346,50	326.949,63	235.752,62	239.996,08

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

3.- En la **columna J**, la primera celda (**J9**) se iguala a la primera celda de la **columna I** (**I9**).

Tabla 19

Cálculo volumen final

	G	H	I	J
7	Aportación	Riego	Vol. Inicial	Vol. Final
8	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)
9	5.425,00	5.348,30	76,70	76,70
10	33.404,00	8.837,70	76,70	24.566,30
11	38.750,00	16.790,07	24.566,30	46.526,23
12	37.500,00	24.874,77	46.526,23	59.151,46
13	38.750,00	53.817,38	59.151,46	44.084,07
14	37.500,00	50.356,13	44.084,07	31.227,94
15	38.750,00	56.319,47	31.227,94	13.658,47
16	38.750,00	48.312,04	13.658,47	4.096,43
17	32.343,00	32.598,45	4.096,43	3.840,98
18	19.871,00	19.215,82	3.840,98	4.496,15
19	6.630,00	7.174,96	4.496,15	3.951,19
20	3.673,50	3.304,52	3.951,19	4.320,17
21	331.346,50	326.949,63	235.752,62	239.996,08

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

En la segunda celda de la **columna J** introducimos la siguiente fórmula: "**G10-H10**",

Tabla 20

Cálculo volumen final

	G	H	I	J
7	Aportación	Riego	Vol. Inicial	Vol. Final
8	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)
9	5.425,00	5.348,30	76,70	76,70
10	33.404,00	8.837,70	76,70	24.566,30
11	38.750,00	16.790,07	24.566,30	46.526,23
12	37.500,00	24.874,77	46.526,23	59.151,46
13	38.750,00	53.817,38	59.151,46	44.084,07
14	37.500,00	50.356,13	44.084,07	31.227,94
15	38.750,00	56.319,47	31.227,94	13.658,47
16	38.750,00	48.312,04	13.658,47	4.096,43
17	32.343,00	32.598,45	4.096,43	3.840,98
18	19.871,00	19.215,82	3.840,98	4.496,15
19	6.630,00	7.174,96	4.496,15	3.951,19
20	3.673,50	3.304,52	3.951,19	4.320,17
21	331.346,50	326.949,63	235.752,62	239.996,08

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

y en todas las demás celdas se utiliza la misma fórmula solo que también sumándole el volumen inicial del mes correspondiente.

Tabla 21

Cálculo volumen final

J11 fx =G11-H11+I11				
	G	H	I	J
7	Aportación	Riego	Vol. Inicial	Vol. Final
8	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)
9	5.425,00	5.348,30	76,70	76,70
10	33.404,00	8.837,70	76,70	24.566,30
11	38.750,00	16.790,07	24.566,30	46.526,23
12	37.500,00	24.874,77	46.526,23	59.151,46
13	38.750,00	53.817,38	59.151,46	44.084,07
14	37.500,00	50.356,13	44.084,07	31.227,94
15	38.750,00	56.319,47	31.227,94	13.658,47
16	38.750,00	48.312,04	13.658,47	4.096,43
17	32.343,00	32.598,45	4.096,43	3.840,98
18	19.871,00	19.215,82	3.840,98	4.496,15
19	6.630,00	7.174,96	4.496,15	3.951,19
20	3.673,50	3.304,52	3.951,19	4.320,17
21	331.346,50	326.949,63	235.752,62	239.996,08

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

- **PASO 6: DETERMINAR LA CAPACIDAD MÁXIMA DE LA Balsa**

La capacidad máxima se define como el **mayor volumen final registrado** en el año.

Tabla 22*Mayor volumen final registrado*

Mes	Vol. Final (m ³)
Enero	76,70
Febrero	24.566,30
Marzo	46.526,23
Abril	59.151,46
Mayo	44.084,07
Junio	31.227,94
Julio	13.658,47
Agosto	4.096,43
Septiembre	3.840,98
Octubre	4.496,15
Noviembre	3.951,19
Diciembre	4.320,17
Total	239.996,08

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

En este caso, el **máximo volumen alcanzado es 59.151,46 m³** (en abril).

3.2.- 2º Método

SOLVER

Es la misma herramienta de Excel utilizada en el primer supuesto. Pero no se realiza de igual manera ya que aquí hay que tener en cuenta las horas de funcionamiento de la bomba.

El objetivo es tantear el número de horas diarias de bombeo (**columna "E"**) así como la capacidad inicial de la balsa (**celda "G9"**) para obtener el mínimo valor de capacidad total de la balsa para cubrir las necesidades de riego. La función objetivo es encontrar el mínimo de la suma de los volúmenes finales de la balsa (**celda "J21"**) modificando las horas de bombeo diario (**columna "E"**), con las siguientes restricciones:

1. El valor de las horas de funcionamiento debe ser inferior a 12,5 h/día.
2. El valor de las horas de funcionamiento debe ser mayor o igual a 0.
3. La suma de todas las aportaciones debe ser igual a la suma del riego total.
4. El volumen inicial de la balsa debe ser mayor o igual que cero.

Tabla 23

Capacidad de la balsa

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
7		Mes	Días/mes	Nt (m³)	h/día	h/mes	Aportación (m³)	Riego (m³)	Vol. Inicial (m³)	Vol. Final (m³)
8										
9		Enero	31	5.348,30	1,75	54,25	5.425,00	5.348,30	76,70	76,70
10		Febrero	28	8.837,70	11,93	334,04	33.404,00	8.837,70	76,70	24.566,30
11		Marzo	31	16.790,07	12,50	387,50	38.750,00	16.790,07	24.566,30	46.526,23
12		Abril	30	24.874,77	12,50	375,00	37.500,00	24.874,77	46.526,23	59.151,46
13		Mayo	31	53.817,38	12,50	387,50	38.750,00	53.817,38	59.151,46	44.084,07
14		Junio	30	50.356,13	12,50	375,00	37.500,00	50.356,13	44.084,07	31.227,94
15		Julio	31	56.319,47	12,50	387,50	38.750,00	56.319,47	31.227,94	13.658,47
16		Agosto	31	48.312,04	12,50	387,50	38.750,00	48.312,04	13.658,47	4.096,43
17		Septiembre	30	32.598,45	10,78	323,43	32.343,00	32.598,45	4.096,43	3.840,98
18		Octubre	31	19.215,82	6,41	198,71	19.871,00	19.215,82	3.840,98	4.496,15
19		Noviembre	30	7.174,96	2,21	66,30	6.630,00	7.174,96	4.496,15	3.951,19
20		Diciembre	31	3.304,52	1,19	36,74	3.673,50	3.304,52	3.951,19	4.320,17
21		Total	365	326.949,63	109,27	3.313,47	331.346,50	326.949,63	235.752,62	239.996,08

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

Los pasos para utilizar SOLVER están descritos en el punto 2.3.- 3º Método

En este supuesto los comandos que escribiremos con las restricciones anteriormente mencionadas serán los siguientes:

The image shows the Solver Parameters dialog box and several 'Cambiar restricción' (Change Constraint) windows. The Solver Parameters dialog is configured as follows:

- Establecer objetivo:** \$I\$21
- Para:** Máx Min Valor de: 0
- Cambiando las celdas de variables:** \$E\$9:\$E\$20
- Sujeto a las restricciones:**
 - \$E\$9:\$E\$20 <= 12,5
 - \$E\$9:\$E\$20 >= 0
 - \$I\$9:\$I\$21 = \$H\$21
 - \$I\$9:\$I\$20 >= 0
- Convertir variables sin restricciones en no negativas
- Método de resolución:** GRG Nonlinear

The 'Cambiar restricción' windows show the following steps:

- Adding the constraint: Referencia de celda: \$E\$9:\$E\$20, Restricción: <= 12,5.
- Adding the constraint: Referencia de celda: \$E\$9:\$E\$20, Restricción: >= 0.
- Adding the constraint: Referencia de celda: \$I\$9:\$I\$21, Restricción: = \$H\$21.
- Adding the constraint: Referencia de celda: \$I\$9:\$I\$20, Restricción: >= 0.

4.- TRASVASE

En este último supuesto el agua de riego procede de una concesión de aguas de un trasvase.

En este caso los datos a utilizar son los siguientes:

- **Superficie cultivada:** 50.2777 ha
- **Cultivo:** Melocotonero
- **Caudal (Q):** 908 m³/día
- **Factor de ajuste (1):** 1,014

Los pasos a seguir son los mismos que los realizados en el apartado **2.2.- 2º Método**.

Con los datos de este supuesto la capacidad de la balsa queda como la suma del valor absoluto de los déficits y excedentes:

Tabla 24

Capacidad máxima de la balsa

Diferencia	Máximo valor positivo	52.341,08
(m³)	Máximo valor negativo	53.430,14
	Capacidad de la balsa	105.771,22

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

La capacidad máxima de la balsa son **105.771,22 m³**.



ANEXO N°4
DESCARGA DEL MODELO DIGITAL DEL TERRENO

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- MODELOS DIGITALES DEL TERRENO.....	1
3.- ÁMBITO GEOGRÁFICO	3
4.- DESCARGA DE LA ORTOFOTO DEL PNOA-MA	6



1.- INTRODUCCIÓN

Para obtener el Modelo Digital del Terreno (MDT) lo vamos a hacer a partir del **Centro de Descargas** de la web del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

<https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/home>



2.- MODELOS DIGITALES DEL TERRENO

Al entrar en el catálogo del Centro de Descargas se encuentra el producto **Modelo Digital de Elevaciones**.



Entre los productos disponibles, se encuentran los Modelos digitales del Terreno, que representa la variable elevación del terreno a partir de la nube de puntos LiDAR utilizando únicamente la clase 2-suelo. Podemos disponer de los siguientes productos:

- **MDT02** correspondiente a la 2ª cobertura realizada entre el 2015 y el 2021, con un paso de malla de 2 m y una densidad homogénea desde 0,5 a 4 puntos por m².



- **MDT05** corresponde a la 1ª cobertura con paso de malla de 5 metros. realizada entre 2009 y 2015, con un paso de malla de 5 metros y una densidad homogénea de 0,5 puntos por m².



La 3ª cobertura está en proceso de ejecución, iniciada en 2022 y con fecha de finalización en 2025. Esta cobertura se va a capturar con densidad homogénea para todo el país de 5 puntos por m².

Se puede consultar toda la información sobre el proyecto **PNOA LiDAR** en el siguiente enlace:

<https://pnoa.ign.es/web/portal/pnoa-lidar/presentacion>


3.- ÁMBITO GEOGRÁFICO

Una vez que seleccionamos el producto, hacemos clic en el enlace **Buscar en mapa**. Se abre el visor con un buscador de ámbito geográfico.



El buscador de **Ámbito geográfico** nos permite realizar una búsqueda por división administrativa, hoja del MTN50, por coordenadas (geográficas o UTM), por referencia catastral, por fichero (tipo Shapefile, KML, GPX o GeoJSON), búsqueda por punto o por polígono.



Una vez que nos situamos sobre la zona en el visor, podemos realizar la búsqueda por **Hoja MTN50**  y hacemos clic en el enlace **Mostrar/ocultar capa con numeración MTN50**. En el visor se activa la capa de las hojas del MTN50, identificando el número de hoja de nuestra zona.



Podemos filtrar la búsqueda por la hoja correspondiente (**Hoja MTN50 0891**):



Al seleccionar la hoja y hacer clic en **Buscar**, aparece la ventana de **Resultados** con los ficheros disponibles (un total de 8 ficheros).


Total ficheros: 8

Resultados

Modelos Digitales de Elevaciones
Modelo Digital del Terreno - MDT02

Total ficheros Modelo Digital del Terreno - MDT02 : 8

Nombre	Formato	Fecha	Resolución	MB	Acciones	Descarga
MDT02-ETRS89-HUJO-0891-1-COB2TIF	COG	2016	Resolución 2 M	124.07		
MDT02-ETRS89-HUJO-0891-2-COB2TIF	COG	2016	Resolución 2 M	130.22		
MDT02-ETRS89-HUJO-0891-3-COB2TIF	COG	2016	Resolución 2 M	129.70		
MDT02-ETRS89-HUJO-0891-4-COB2TIF	COG	2016	Resolución 2 M	126.85		
MDT02-WGS84-0891-1-COB2TIF	COG	2016	Resolución 2 M	142.19		
MDT02-WGS84-0891-2-COB2TIF	COG	2016	Resolución 2 M	146.11		
MDT02-WGS84-0891-3-COB2TIF	COG	2016	Resolución 2 M	147.63		
MDT02-WGS84-0891-4-COB2TIF	COG	2016	Resolución 2 M	144.84		

O podemos acotar más la búsqueda mediante la opción de **Buscar por punto**  haciendo clic con el ratón sobre un punto del visor:

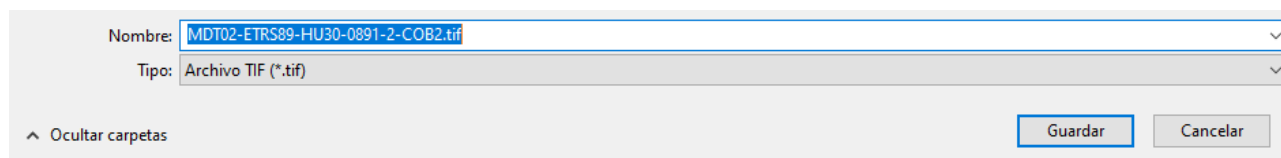


Al hacer clic sobre el visor aparecerá la ventana de **Resultados** con los ficheros disponibles (un total de 2 ficheros).



Ahora procedemos a descargar  el fichero del Modelo Digital del Terreno y guardarlo en el PC:

- MDT02-ETRS89-HU30-0891-2-COB2.TIF



4.- DESCARGA DE LA ORTOFOTO DEL PNOA-MA

Para obtener la ortofoto del Plan Nacional de ortofotografía Aérea lo vamos a hacer también partir del **Centro de Descargas** de la web del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

<https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/home>



Al entrar en el catálogo del Centro de Descargas se encuentra el producto **Ortofotos e Imágenes de Satélite**.

Entre los productos disponibles, se encuentra:

- **Ortofotos PNOA Máxima Actualidad** mosaico de ortofotos más recientes disponibles del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).




The image shows a screenshot of a product card for 'Ortofotos PNOA Máxima Actualidad'. At the top, there is a header with the text 'Ortofotos PNOA Máxima Actualidad' in white on a dark blue background. Below the header is a large, colorful mosaic of aerial photographs. Underneath the mosaic, there is a description: 'Descripción: Mosaicos de ortofotos más recientes disponibles del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).' and a format specification: 'Formato: COG (Cloud Optimized GeoTIFF).' At the bottom right of the card, there are two buttons: 'Ver producto' with an information icon and 'Buscar en mapa' with a map icon. A large, semi-transparent watermark for 'Biblioteca UNIVERSITAS Miguel Hernández' is overlaid on the bottom half of the card.

Se puede consultar toda la información sobre el proyecto **PNOA Imagen** en el siguiente enlace:

<https://pnoa.ign.es/web/portal/pnoa-imagen/presentacion>

Una vez que seleccionamos el producto, hacemos clic en el enlace **Buscar en mapa**. Se abre el visor con un buscador de ámbito geográfico.

Realizamos la búsqueda de la misma forma que se ha hecho con el Modelo Digital del Terreno, mediante la opción de **Buscar por punto**  haciendo clic con el ratón sobre un punto del visor:



Al hacer clic sobre el visor aparecerá la ventana de **Resultados** con los ficheros disponibles (un total de 3 ficheros).

Biblioteca
UNIVERSITAT Miguel Hernández

Total ficheros: 12


Resultados

Imágenes aéreas y satelitales

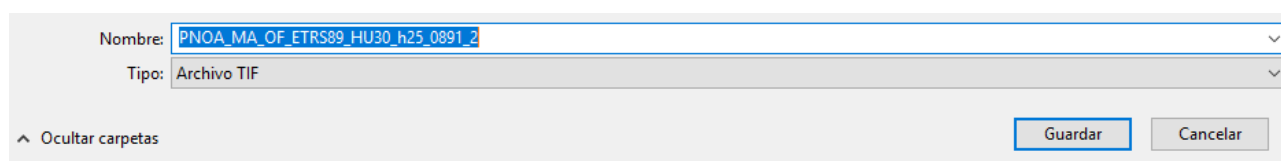
Ortofotos PNOA Máxima Actualidad (12)

Total ficheros Ortofotos PNOA Máxima Actualidad : 3

Nombre	Formato	Fecha	Resolución	MB	Acciones	Descarga
PNOA-MA-OF-ETRS89-HU30-H25-0891-2TIF	COG	07/2022	Resolución 0,25 M	385,71	[Iconos]	[Iconos]
PNOA-MA-OF-ETRS89-HU30-H25-0891-2XML	XML(METADATOS)	07/2022	Resolución 0,25 M	0,05	[Iconos]	[Iconos]
PNOA-MA-OF-ETRS89-HU30-H25-0891-2ZIP	SHAPE	07/2022	Resolución 0,25 M	0,01	[Iconos]	[Iconos]

Ahora procedemos a descargar  de la imagen del PNOA-MA y guardarlo en el PC:

- PNOA-MA-OF-ETRS89-HU30-h25-0891-2.TIF





DESCARGA DE LA CARTOGRAFÍA CATASTRAL EN DXF

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- SEDE ELECTRÓNICA DEL CATASTRO	1
3.- DESCARGA DE LA PARCELA.....	3
4.- AUTOCAD	6



1.- INTRODUCCIÓN

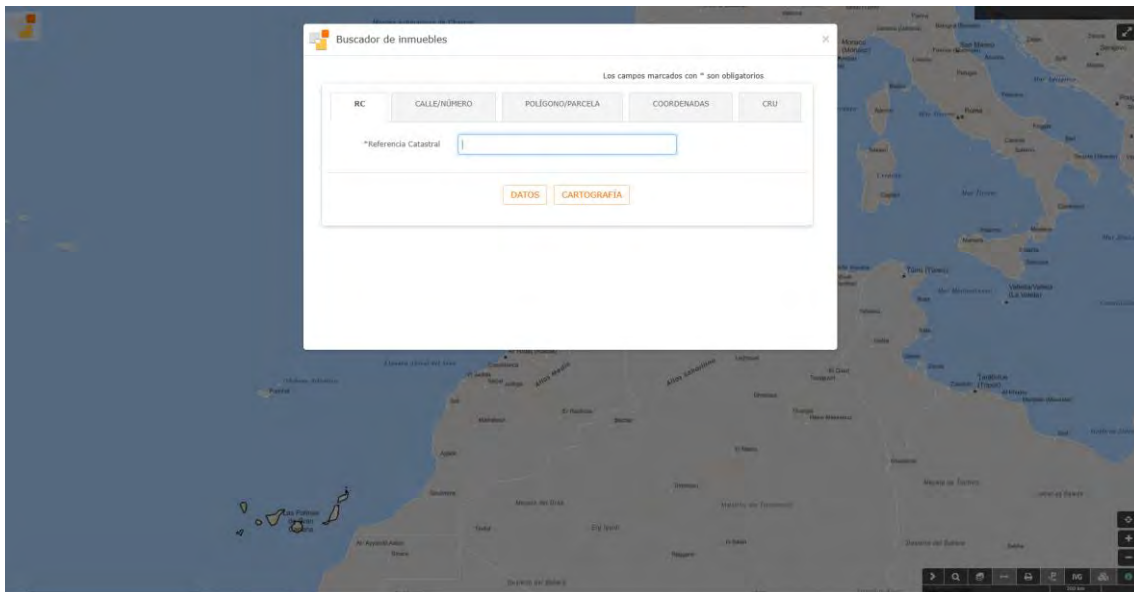
Una vez que tenemos identificada la explotación agraria y la parcela donde se va a construir la balsa hace falta usar el catastro para ubicar la balsa correctamente.

2.- SEDE ELECTRÓNICA DEL CATASTRO

procedemos a descargar la cartografía catastral desde la **Sede Electrónica del Catastro (SEC)**,

Entramos en la web de la SEC (<https://www.sedecatastro.gob.es/>):

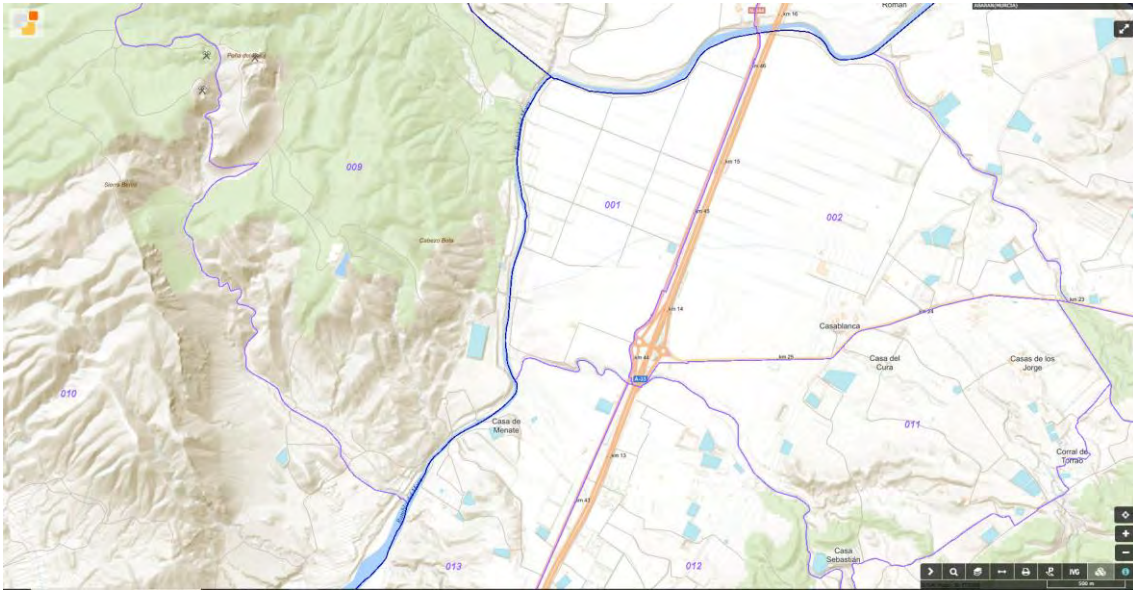
Accedemos al **Buscador de Inmuebles y Visor Cartográfico**:



Podemos buscar mediante los **Datos** (si conocemos algún dato del inmueble: referencia catastral, polígono y parcela, coordenadas...) o podemos acceder directamente a la **Cartografía** y realizar la búsqueda en el Visor.



Vamos realizando zoom hasta centrar la vista sobre la zona que buscamos.

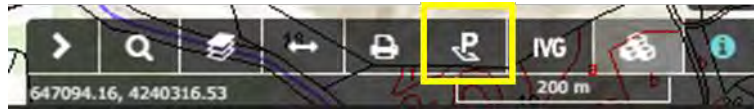


3.- DESCARGA DE LA PARCELA

Una vez situados sobre las parcelas e identificadas vamos a proceder a descargarlas.



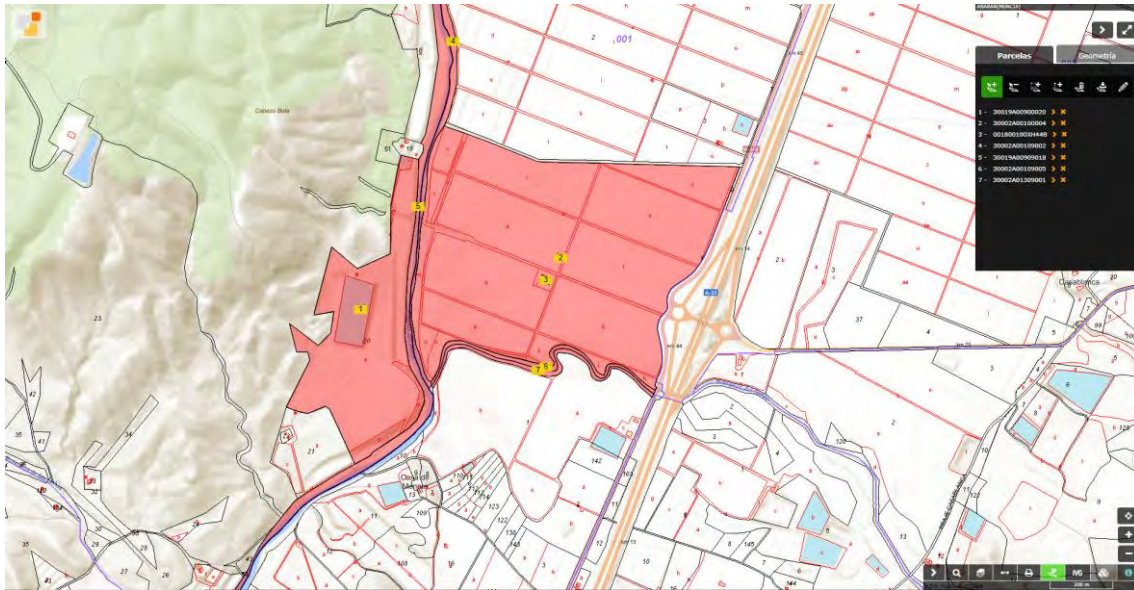
Con las parcelas localizadas sobre el Visor, seleccionamos el icono **Selección de parcelas. Descargas** en la barra de herramientas inferior derecha.



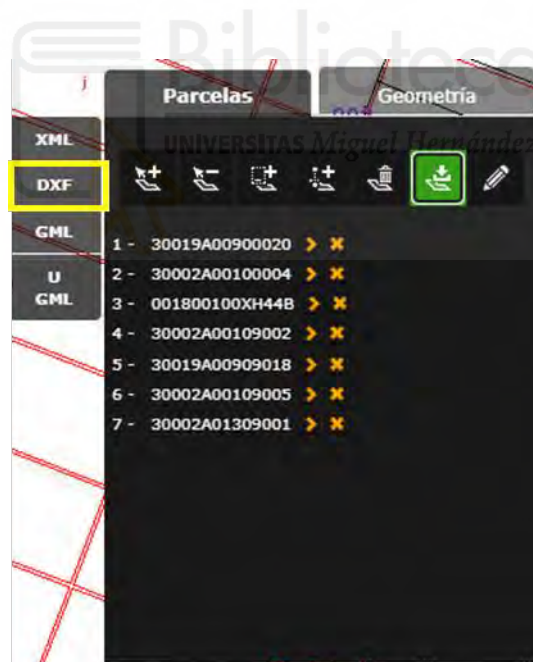
Se abre la ventana en el Visor y seleccionamos el icono **Añadir parcela.**



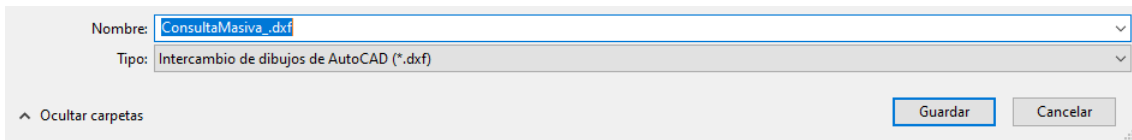
Con el icono seleccionado, vamos pinchando con el ratón en el Visor sobre cada una de las parcelas que queremos descargar. Cada parcela seleccionada aparece en la ventana con su referencia catastral, pudiendo eliminar cada una de ellas.



A continuación, seleccionamos el icono **Descargas** y se abre una ventana a la izquierda con los diferentes formatos descargables. En nuestro caso seleccionamos la descarga **DXF**.



Al seleccionar DXF se descargará un fichero denominado **ConsultaMasiva_.dxf** que guardaremos en nuestro PC.

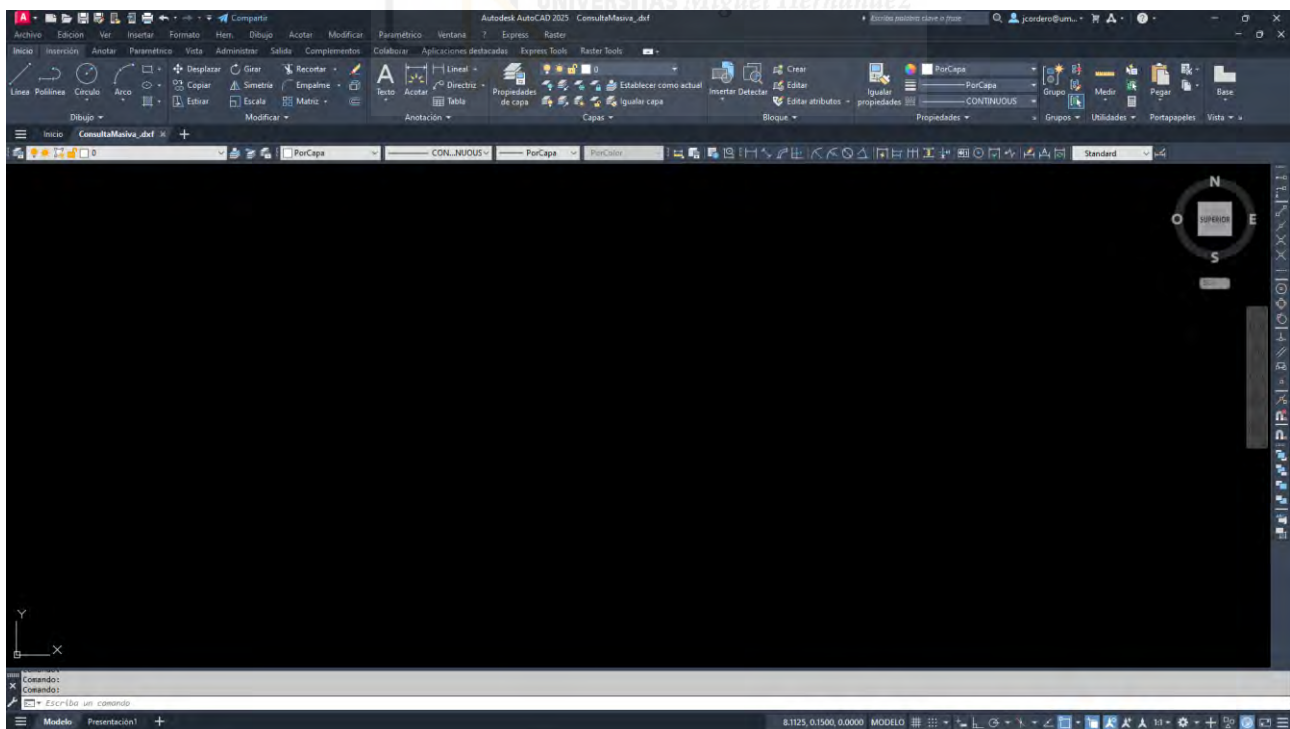


4.- AUTOCAD

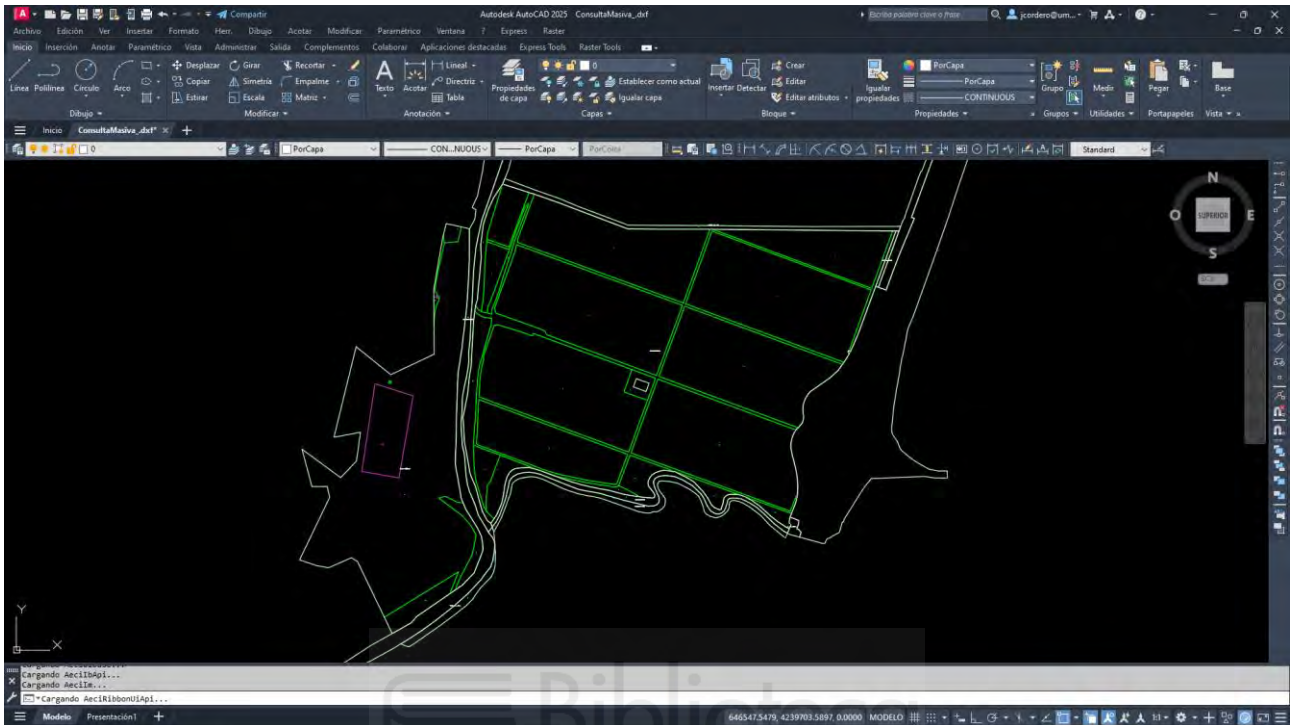
Ahora vamos a utilizar la aplicación de AutoCAD para visualizar el fichero descargado. Al abrir el fichero en AutoCAD debemos especificar **Archivo de tipo DXF (*.dxf)** para poder buscarlo y abrirlo.



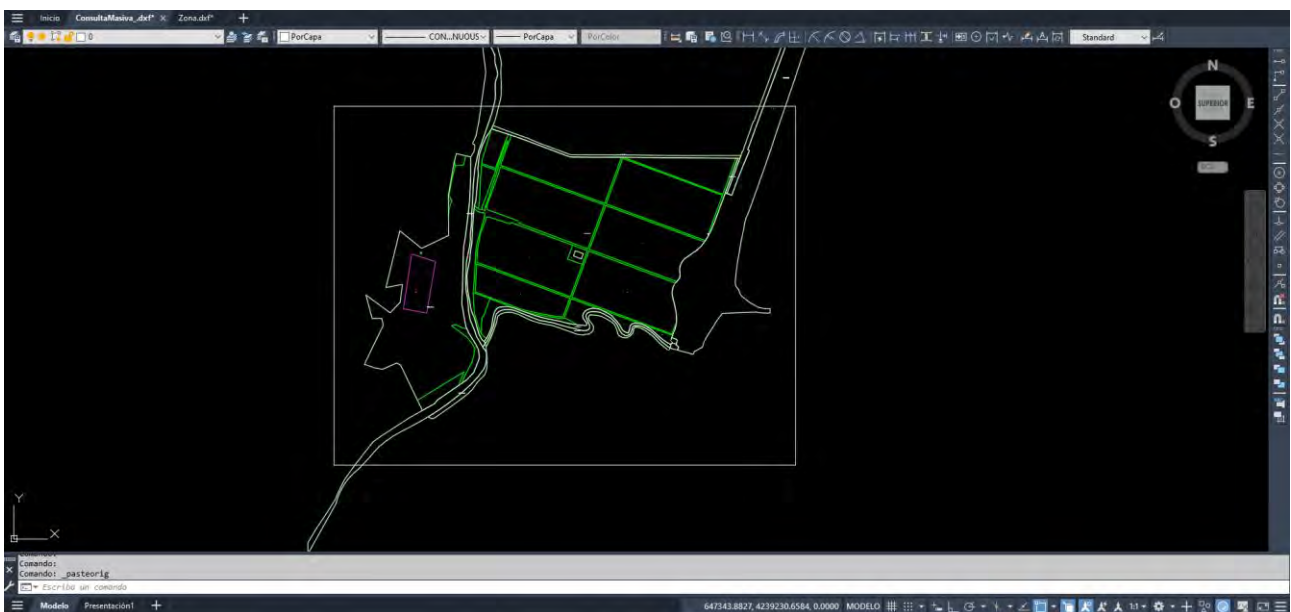
En la Vista de AutoCAD se abre el dibujo de **ConsultaMasiva_.dxf** con la Vista aparentemente vacía.



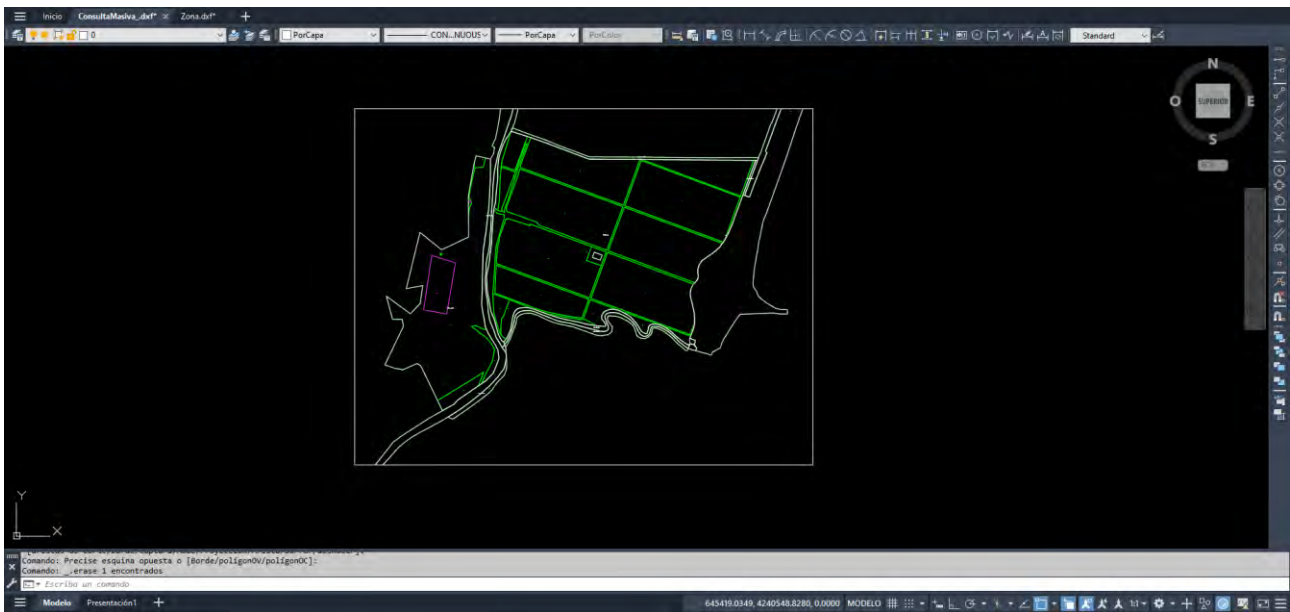
Al realizar el zoom extensión, menú **Ver<>Zoom<>Extensión** (*Comando: Z Intro E intro*) tenemos en la Vista la cartografía catastral de las parcelas descargadas.



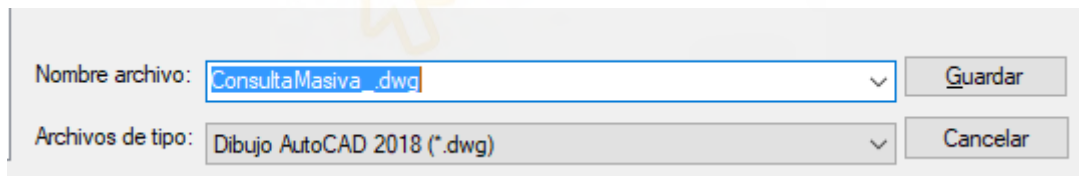
Con el objeto de poder trabajar con el Modelo Digital del Terreno y con la ortofoto del PNOA-MA que se van a descargar desde el centro de descarga del IGN, vamos a dibujar un rectángulo que abarque las parcelas catastrales y que definirá la zona de trabajo.



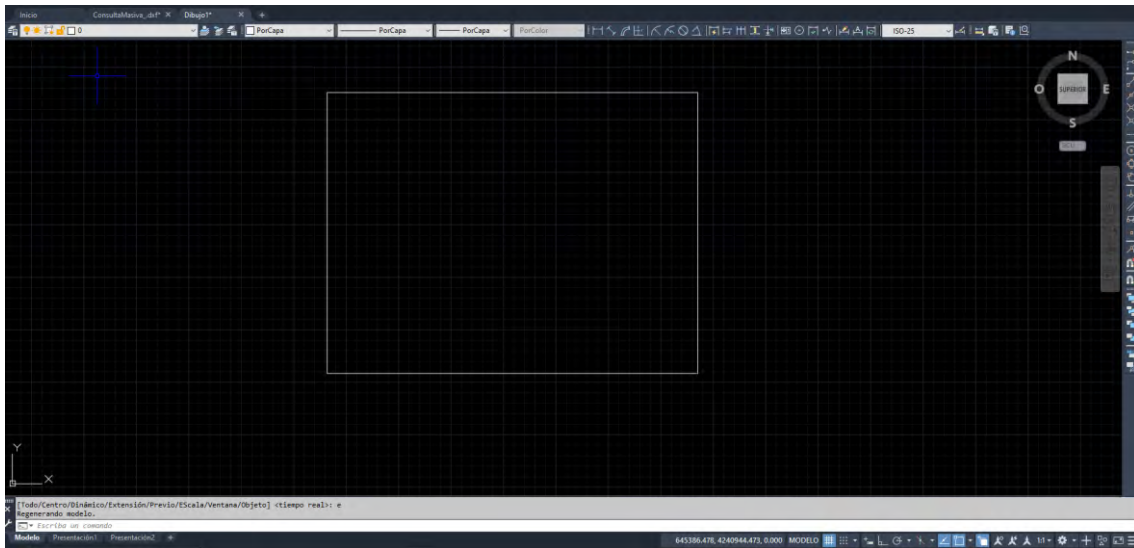
Una vez dibujado el rectángulo, podemos recortar sobre él la cartografía catastral que queda fuera de la zona de trabajo. El dibujo queda encuadrado en la zona de trabajo.



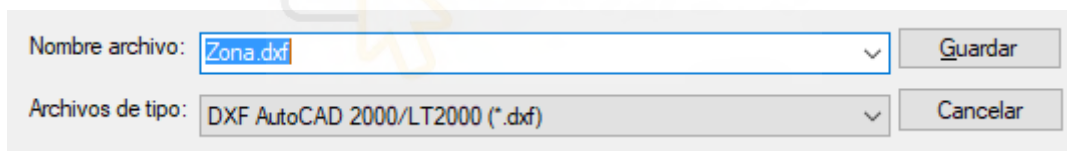
Podemos ahora guardar el archivo como un dibujo **DWG** para poder trabajar con él.



El rectángulo dibujado, se copia (**Ctrl+C**) y se pega en coordenadas originales (**PEGARORIG**) en un dibujo nuevo vacío y será el ámbito de nuestra zona de trabajo.



Este dibujo se guarda en el PC como un archivo de tipo **DXF**, cuanto más baja sea la versión mejor. En este caso seleccionamos **DXF AutoCAD 2000/LT2000 (*.dxf)**.



Este fichero se utilizará en la aplicación SIG de QGIS para recortar la cartografía descargada desde el IGN.

De esta forma, con la aplicación AutoCAD tenemos guardados dos archivos que vamos a utilizar:

- **ConsultaMasiva_dwg**: archivo de dibujo DWG de la zona de actuación con la cartografía catastral.
- **Zona.dxf**: archivo de dibujo DXF con la zona de actuación.



ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- TRANSFORMACIÓN DEL MODELO DIGITAL DEL TERRENO.....	1
2.1.- Visualizar el MDT con QGIS	1
2.2.- Recortar una capa ráster	10
2.3.- Convertir formato	15
3.- TRANSFORMACIÓN DE LA ORTOFOTO PNOA	18
3.1.- Visualizar la ortofoto PNOA con QGIS.....	18
3.2.- Exportar como imagen	20



1.- INTRODUCCIÓN

En este Anexo vamos a utilizar el software QGIS, en primer lugar, por tratarse de software libre y estar disponible en los ordenadores de las aulas de informática de la UMH y en segundo lugar, por necesitarlo para realizar los procesos de transformación que nos permita utilizar, tanto el MDT para el cálculo del movimiento de tierras de la balsa, como la ortofoto del PNOA-MA que hemos descargado desde el Centro de descargas del IGN en la aplicación de Civil3D.

Este Anexo no pretende ser un tutorial sobre el manejo de la aplicación QGIS y sobre la utilización de los diferentes procesos para analizar el Modelo Digital del Terreno, sin embargo, es un paso necesario para transformar los formatos GeoTIFF (COG) en formatos que la aplicación Civil3D pueda leer y se mostrarán los pasos necesarios para su realización.

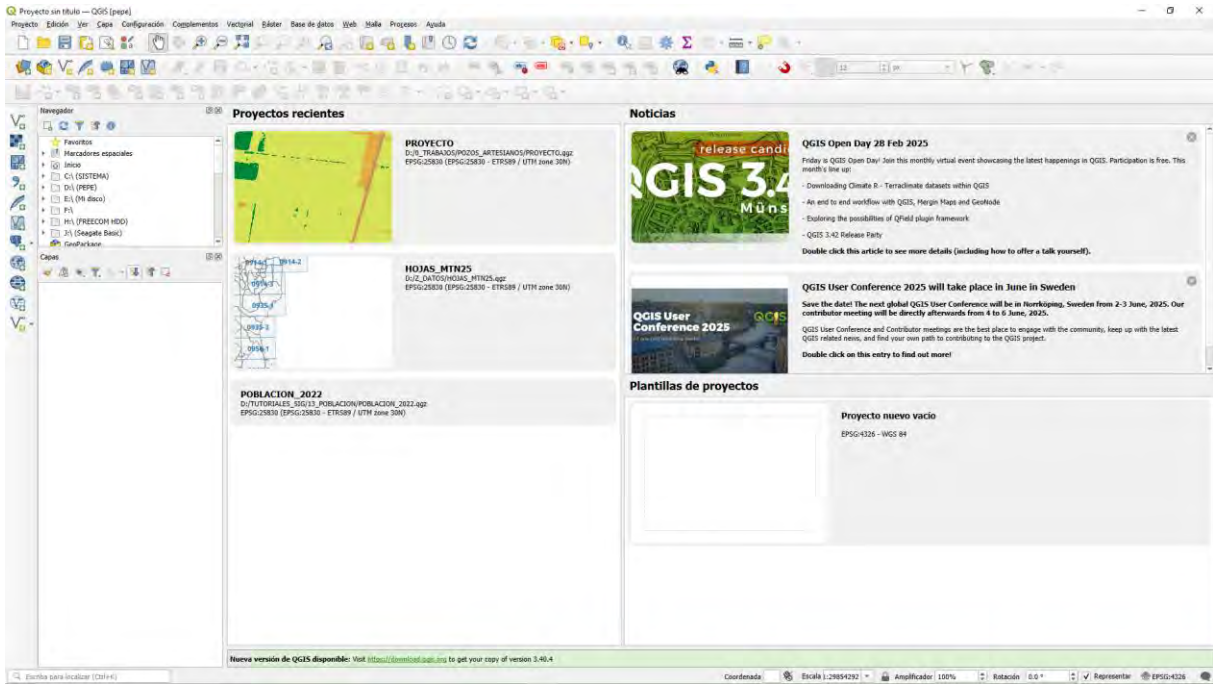
2.- TRANSFORMACIÓN DEL MODELO DIGITAL DEL TERRENO

2.1.- Visualizar el MDT con QGIS

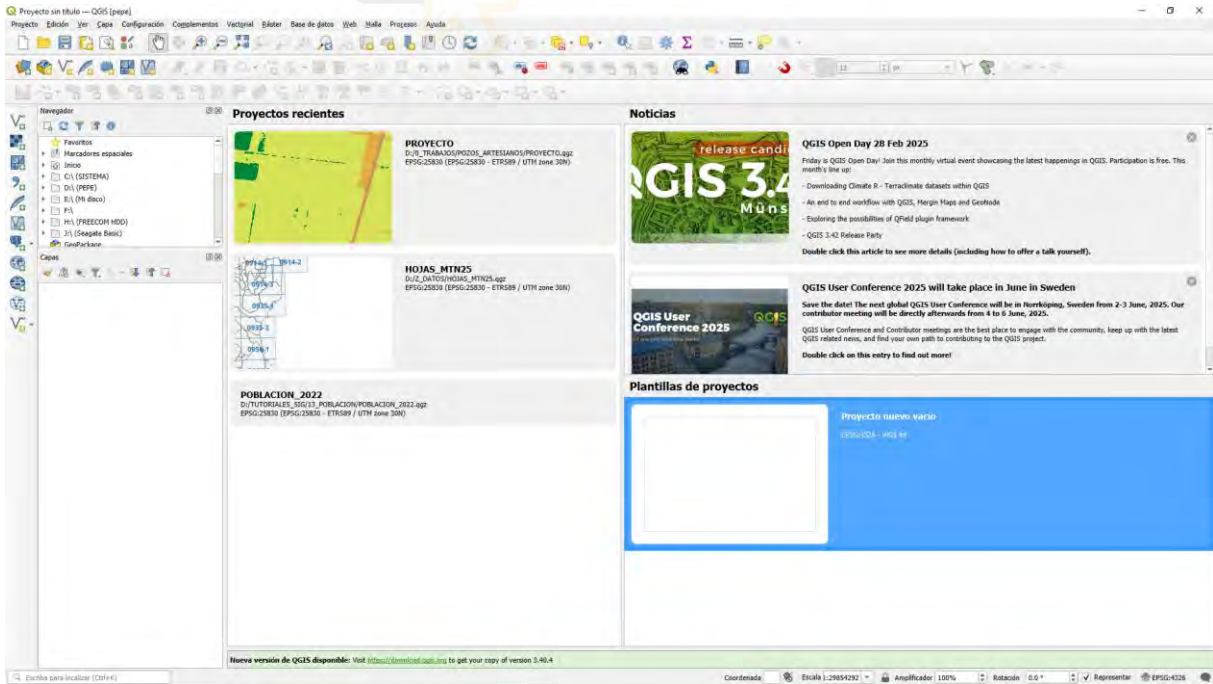
En este apartado vamos a cargar y visualizar un Modelo Digital del Terreno (*PNOA_MDT25_ETRS89_HU30_0933_LID.tif*) y a utilizar diferentes procesos en QGIS para analizar esa capa ráster del modelo.

Al iniciarse el programa, antes de abrirse la interfaz de la aplicación, aparecen dos ventanas:

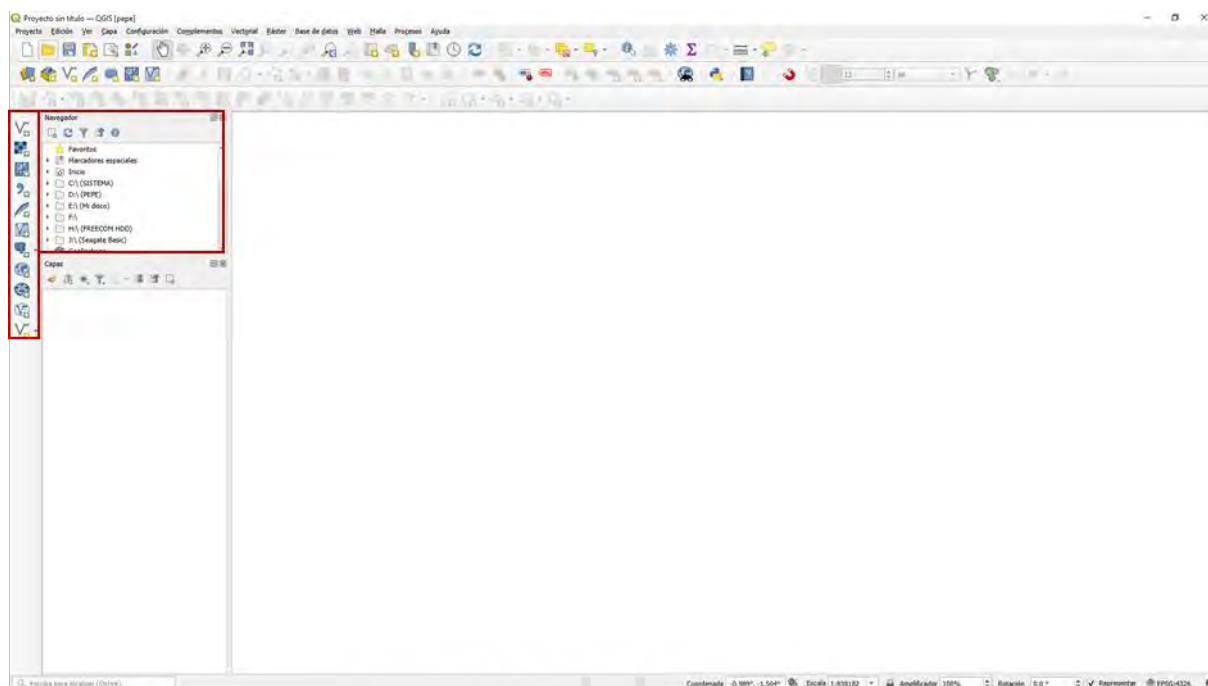
- Una ventana con los **Proyectos recientes** donde podemos acceder directamente a cualquiera de los proyectos en los que hemos trabajado recientemente y tenemos almacenado, seleccionándolo y haciendo doble clic con el ratón.
- Otra ventana **Plantilla de proyectos**, donde podemos abrir un nuevo proyecto vacío para trabajar sobre él.



Hacemos clic sobre un **Proyecto nuevo vacío** (New Empty Project) en la ventana **Plantilla de proyectos**.

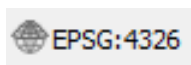


Una vez se haya abierto el proyecto, el aspecto de su interfaz inicial será similar a la siguiente:



Desde el menú **Ver<>Paneles** podemos activar el panel **Navegador** con las carpetas del Explorador de nuestro PC y desde el menú **Ver<>Barra de herramientas** podemos activar la barra de **Administrar capas** para incorporar los diferentes ficheros en la Vista.

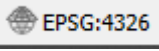
Al abrir la aplicación de QGIS por primera vez, nos aparecerá en la parte inferior derecha de la Vista el **Sistema de Referencia de Coordenadas (SRC)** por defecto (**EPSG 4326**).

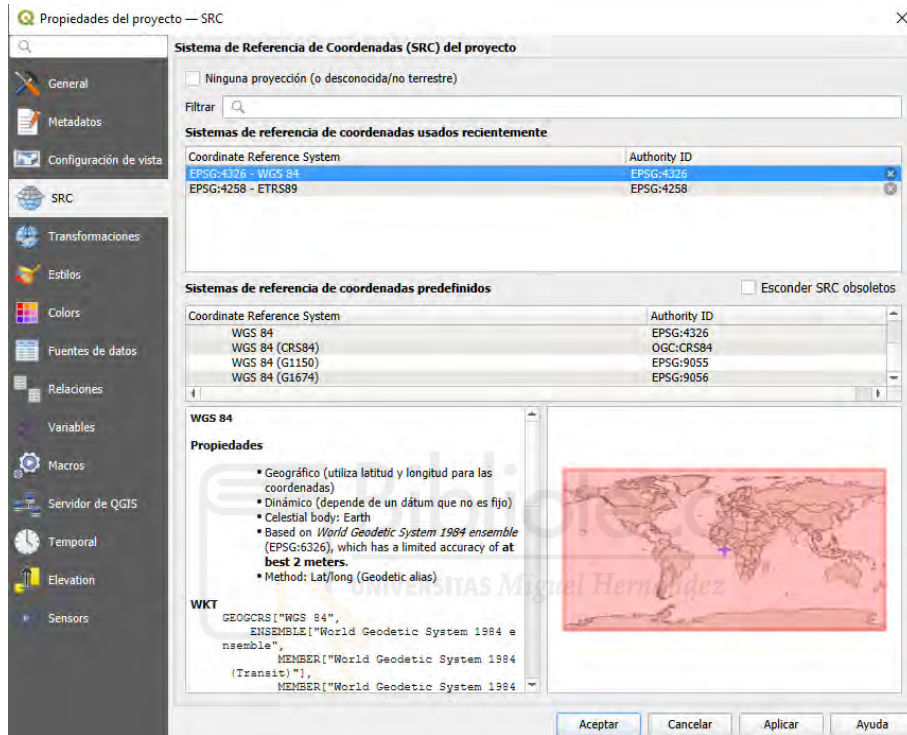


Este Sistema de Coordenadas, que recibe el nombre de **WGS84** (*World Geografic System 84*) se corresponde con un Sistema de Coordenadas que tiene como ámbito geográfico toda la superficie terrestre (coordenadas geográficas) y debemos cambiarlo por el sistema **ETRS89 UTM-H-30N** que corresponde al sistema de coordenadas XY de nuestra zona.

En el caso de España, se trata del Sistema de Coordenadas con código **EPSG 25830**, que se corresponde con el llamado **ETRS89** (*European Terrestrial System 89*) en el **Huso 30**. Este es el Sistema de Coordenadas que se usa en una amplia zona del ámbito geográfico español. No sólo porque evidentemente debemos escoger el que corresponda a nuestro ámbito de trabajo, sino

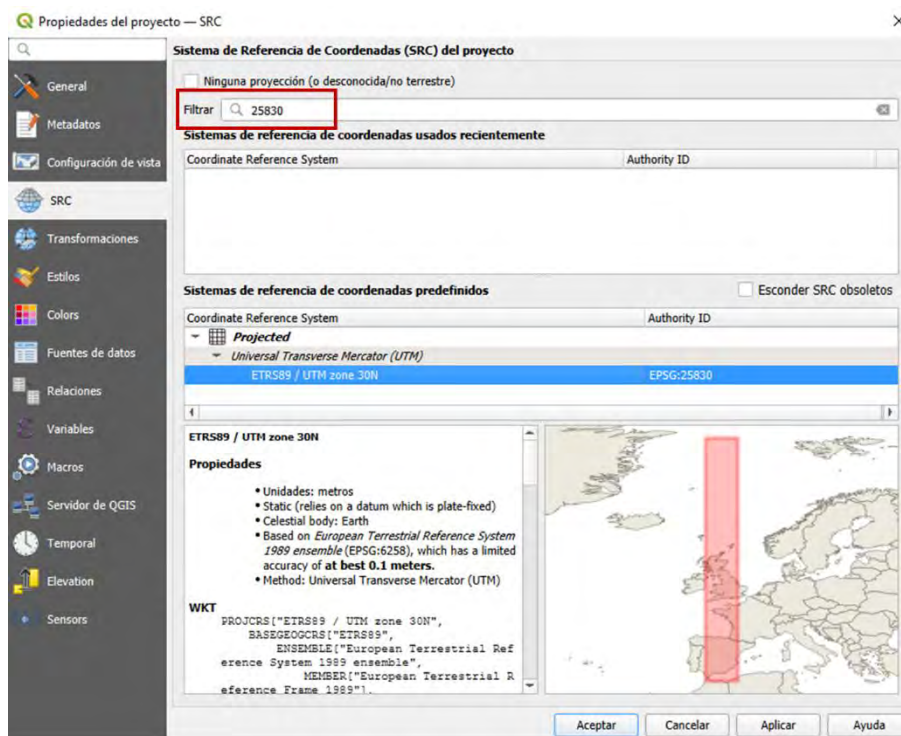
porque, además, el Sistema de Coordenadas WGS84 es un Sistema de Coordenadas Geográfico, y en general a nosotros nos interesa trabajar en Sistemas de Coordenadas Proyectados.

Para ello, hacemos clic en el SRC actual . Se abre la ventana de Propiedades del proyecto con el SRC por defecto.



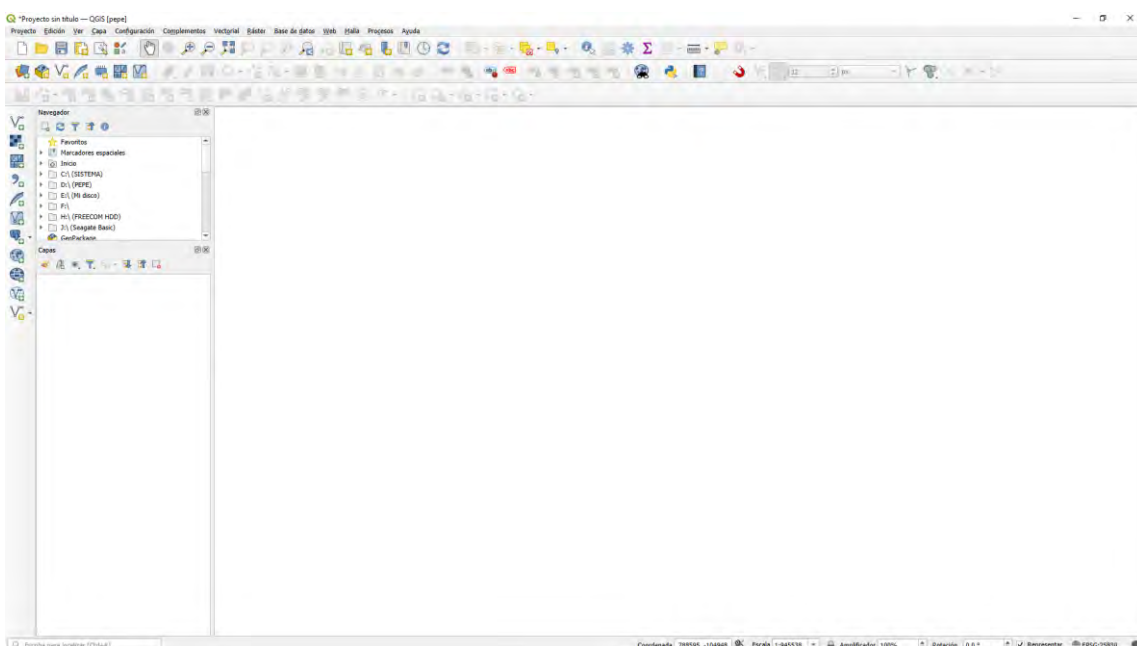
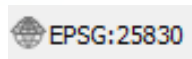
Realizamos la búsqueda filtrando por el código “25830”. Aparecerá en la ventana inferior la proyección buscada:

- **Projected<>Universal transverse Mercator (UTM)<>ETRS89/UTM zone 30N<>EPSG 25830**



Seleccionamos el SRC y hacemos clic en **Aplicar** y en **Aceptar**.


Como podrás comprobar, ya se ha modificado el Sistema de Coordenadas por defecto para este proyecto, puedes visualizarlo en la esquina inferior derecha de la interfaz de QGIS.

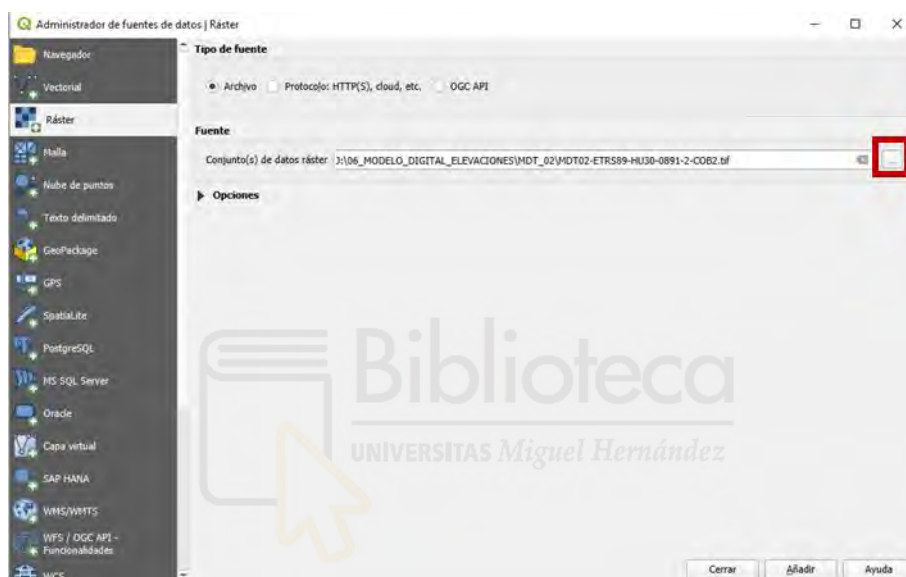


En el menú **Capa <> Añadir capa <> Añadir capa ráster...**, o haciendo clic en **Añadir capa ráster**

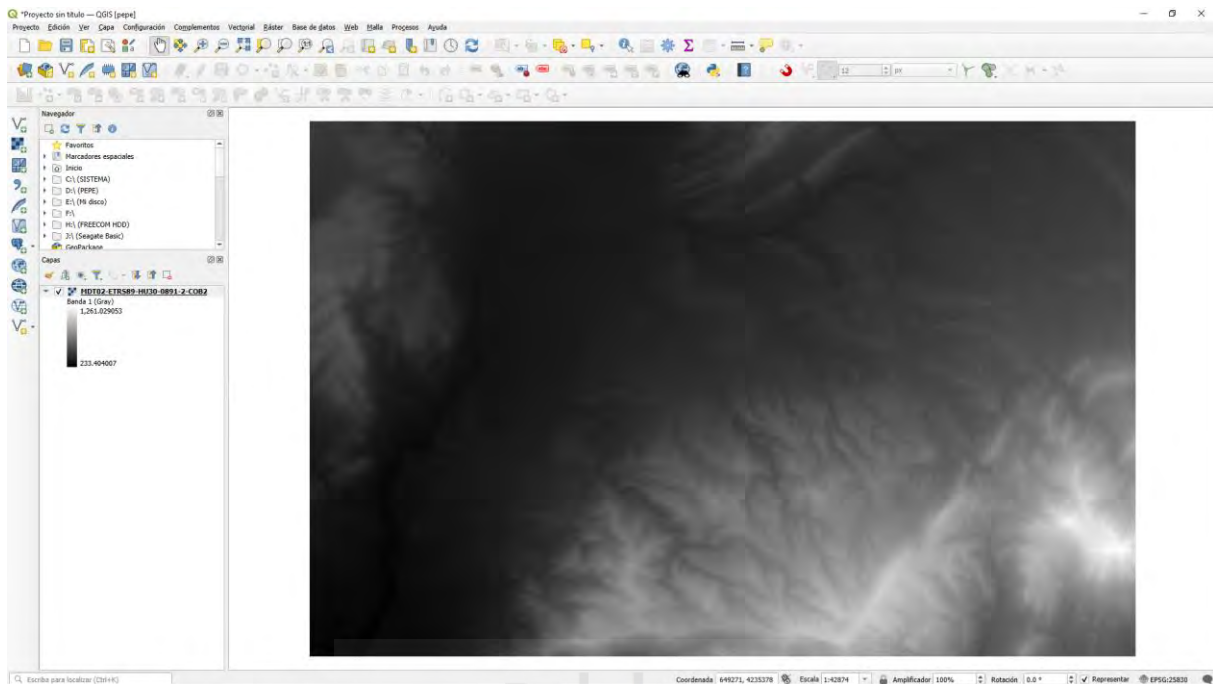


en la barra de herramientas **Administrar capas** se abre la ventana del Administrador de fuente de datos/Ráster donde podemos seleccionar el archivo del MDT descargado.

Buscamos  el archivo (*MDT02-ETRS89-HU30-0891-2-COB2.tif*) en el explorador y lo añadimos a la Vista.

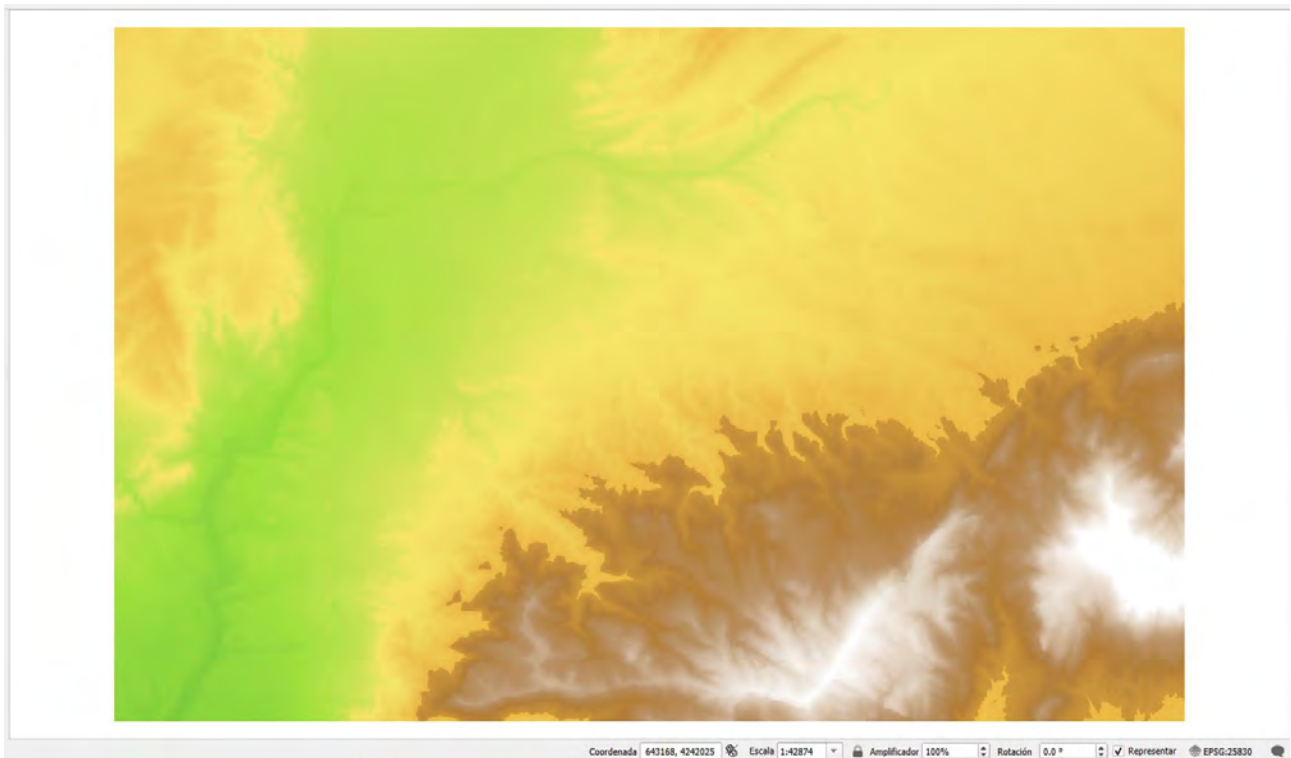


Hacemos clic en **Añadir** para añadirlo a la Vista.

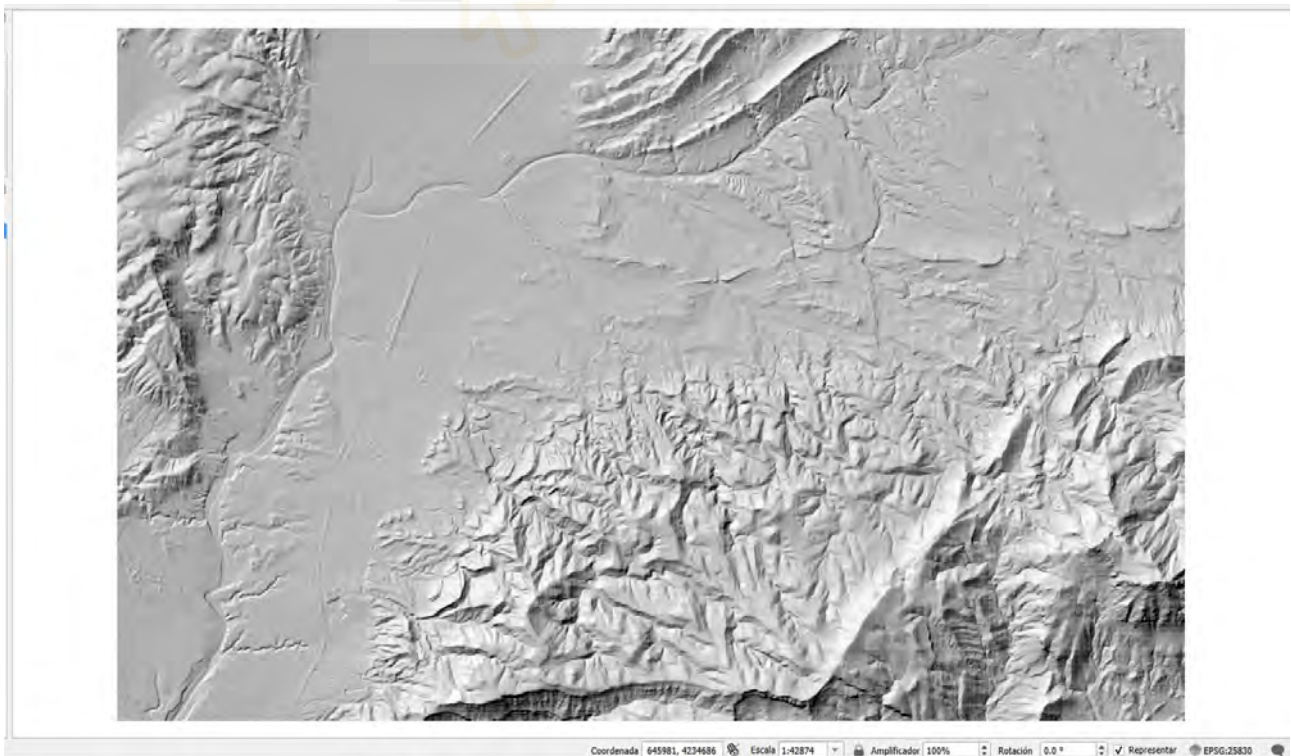


De esta forma se obtiene la visualización de la imagen ráster del MDT. La simbología por defecto corresponde a un tipo de renderizado gris monobanda con un gradiente de color del negro al blanco. Este MDT ráster tiene un tamaño de pixel de 2x2m con información de cota (Z) en cada uno de los píxeles.

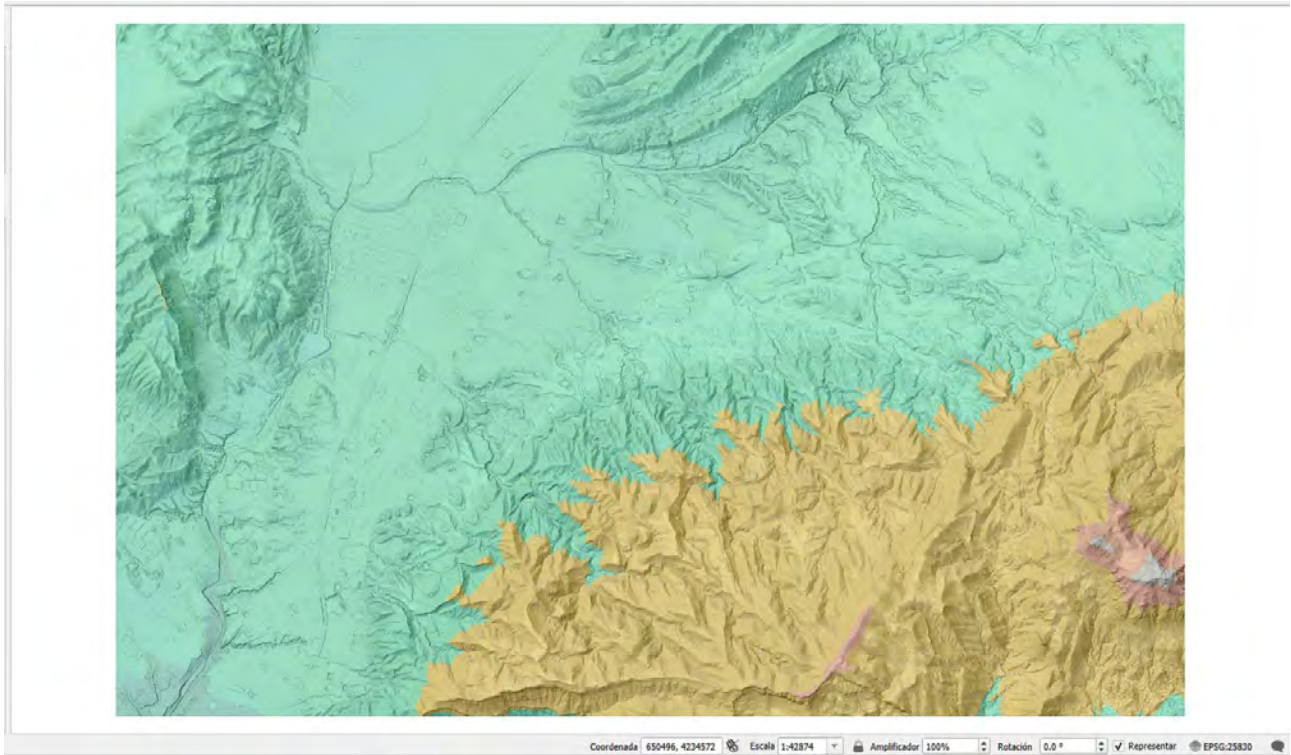
QGIS permite asociar a un ráster de una sola banda un valor RGB por rangos de valores de píxeles. De esta forma, podemos aplicar diferentes rampas de color para visualizar el ráster del MDT según los valores de Z.



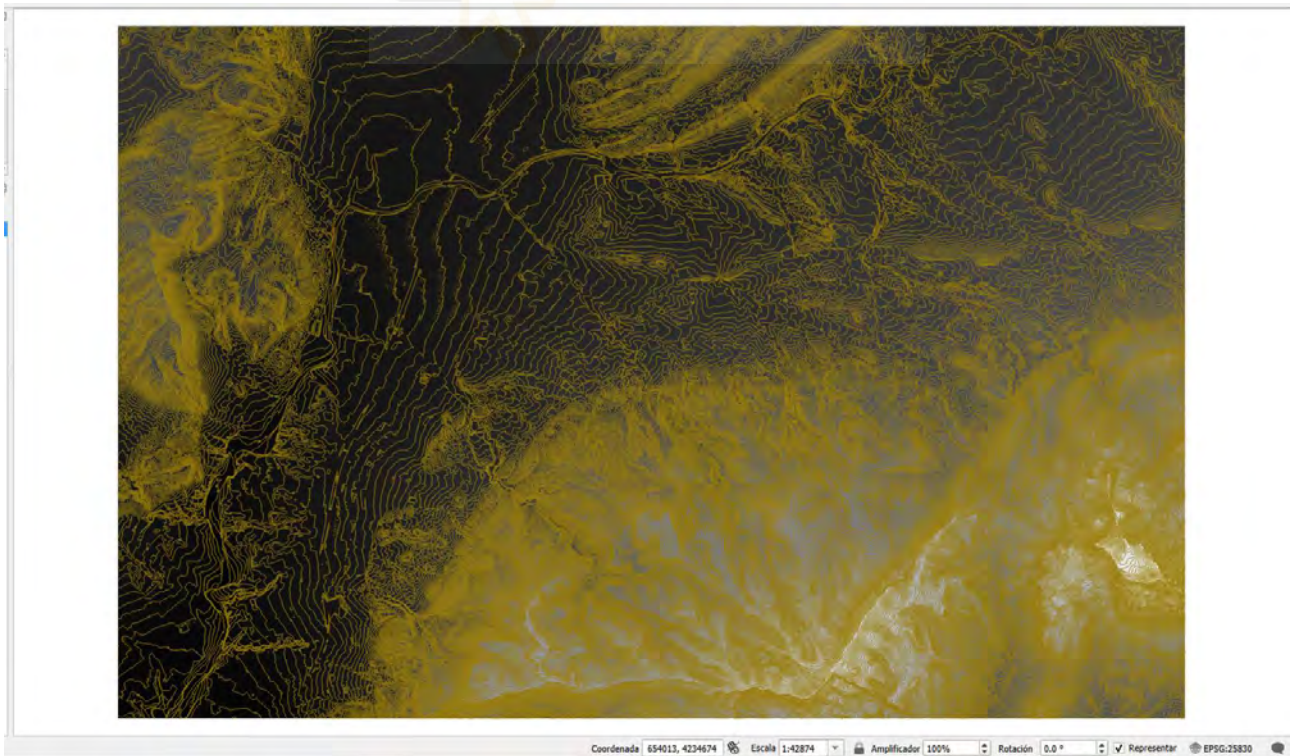
Simbología Pseudocolor monobanda



Simbología Mapa de Sombras (Hillshade)



Geoproceso Análisis del terreno ráster. Relieve



Geoproceso Extracción. Curvas de nivel

2.2.- Recortar una capa ráster

Con el fin de no trabajar con todo el MDT descargado correspondiente a la Hoja 0891-2, podemos recortar el MDT a partir de una poligonal que defina nuestra área de trabajo o mediante las coordenadas de un rectángulo (esquina inferior izquierda y esquina superior derecha). Para ello, vamos a cargar el archivo *Zona.dxf* que guardamos anteriormente desde la aplicación de AutoCAD

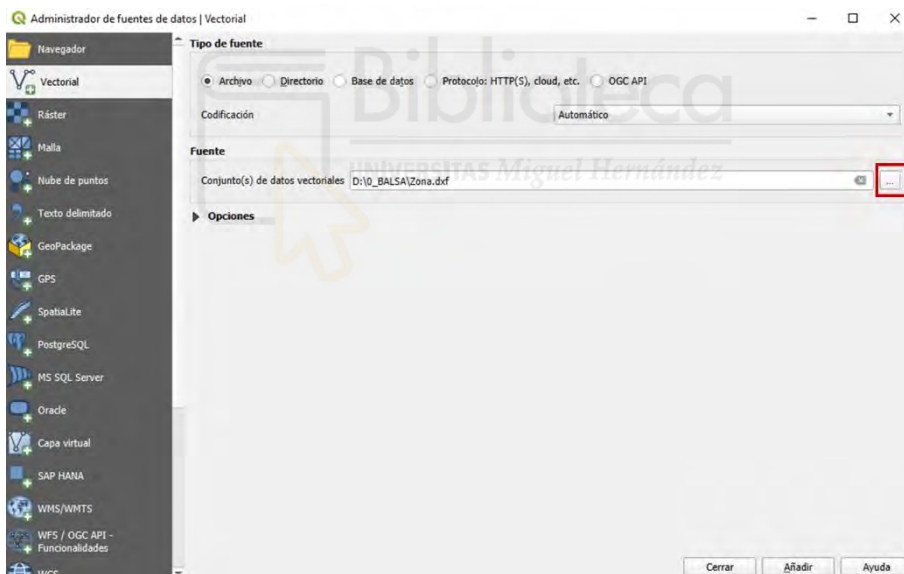
Añadir la capa DXF

En el menú **Capa <> Añadir capa <> Añadir capa vectorial...**, o haciendo clic en Añadir capa vectorial

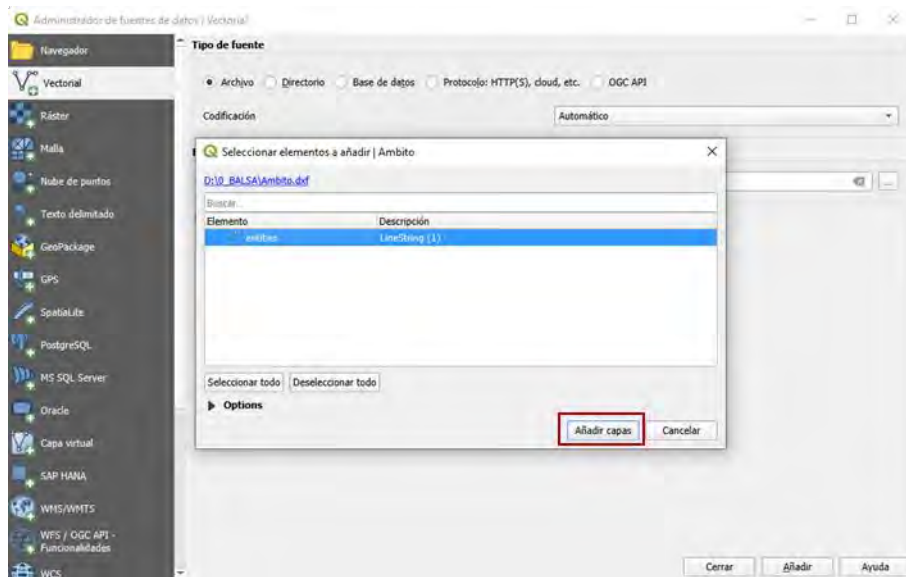


en la barra de herramientas **Administrar capas** se abre la ventana del **Administrador de fuente de datos/Vectorial** donde podemos seleccionar el archivo DXF guardado.

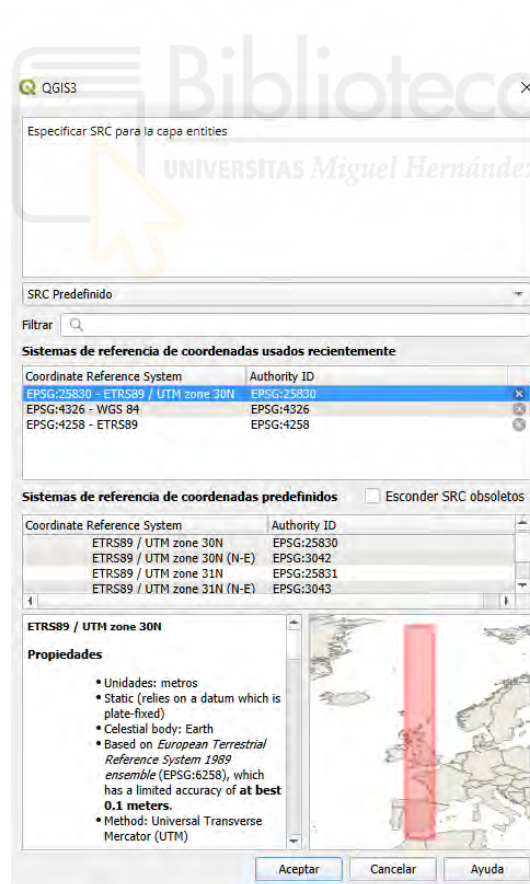
Buscamos el archivo (*Zona.dxf*) en el explorador y lo añadimos a la Vista.



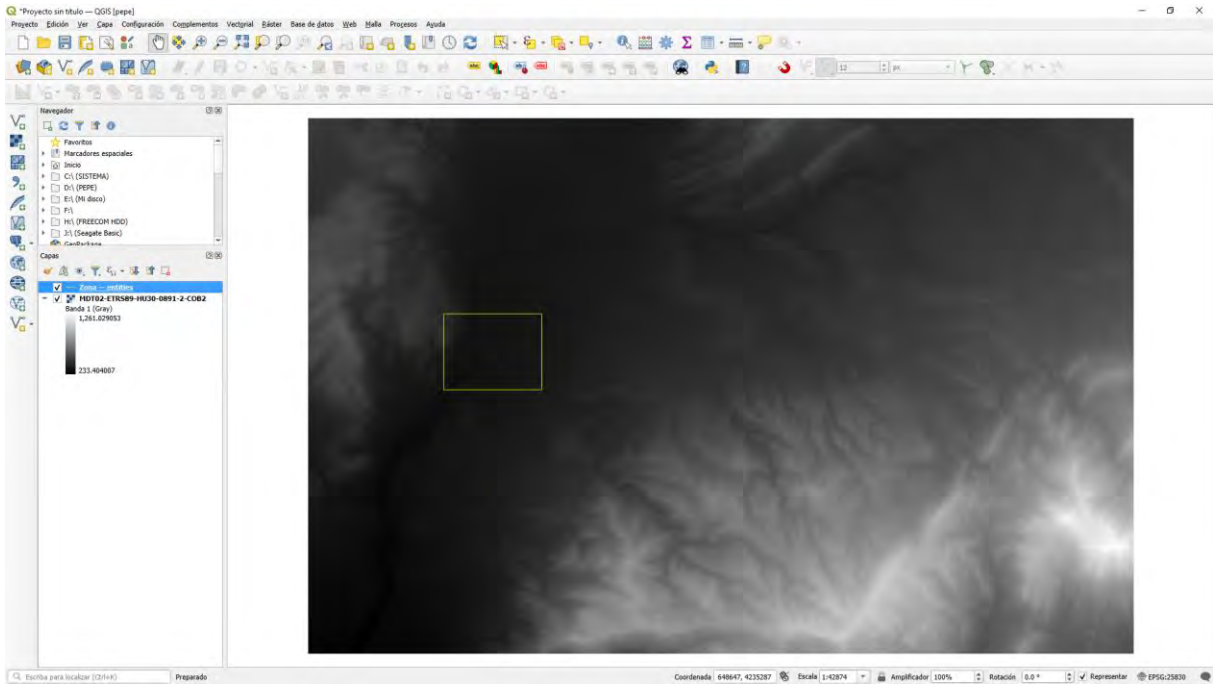
Seleccionamos el elemento a añadir y hacemos clic en **Añadir capas**.



Especificamos el SRC, en nuestro caso el EPSG 25830.

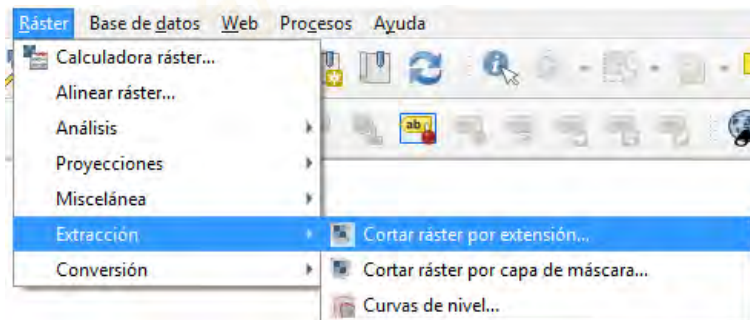


En la Vista se carga la capa "Zona" que define la zona de actuación.

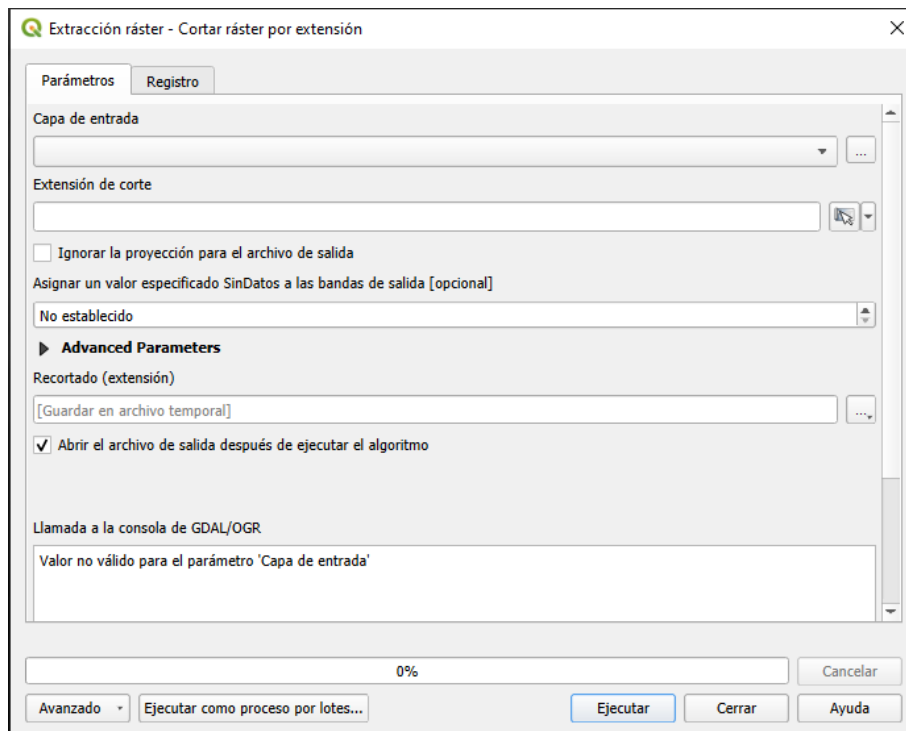


Recortar una capa ráster por extensión

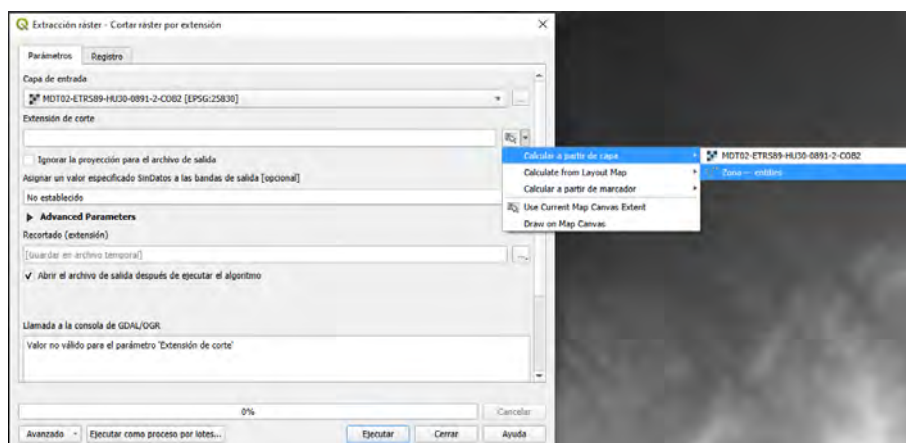
Para ello, en el menú **Ráster <> Extracción <> Cortar ráster por extensión...**



Se abre la ventana del geoproceso, donde se establecen los siguientes parámetros:

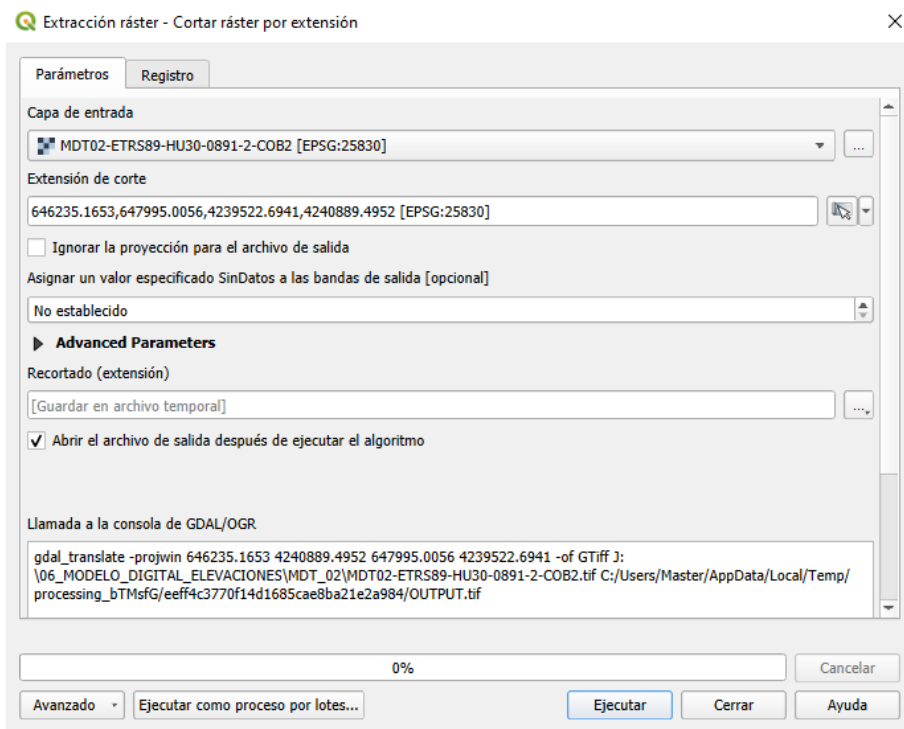


- **Capa de entrada:** la capa ráster del MDT (*MDT02-ETRS89-HU30-0891-2-COB2.tif*).
- **Extensión de corte:** desplegamos y seleccionamos **Calcular a partir de capa** y al desplegar, seleccionamos la capa vectorial *Zona*.

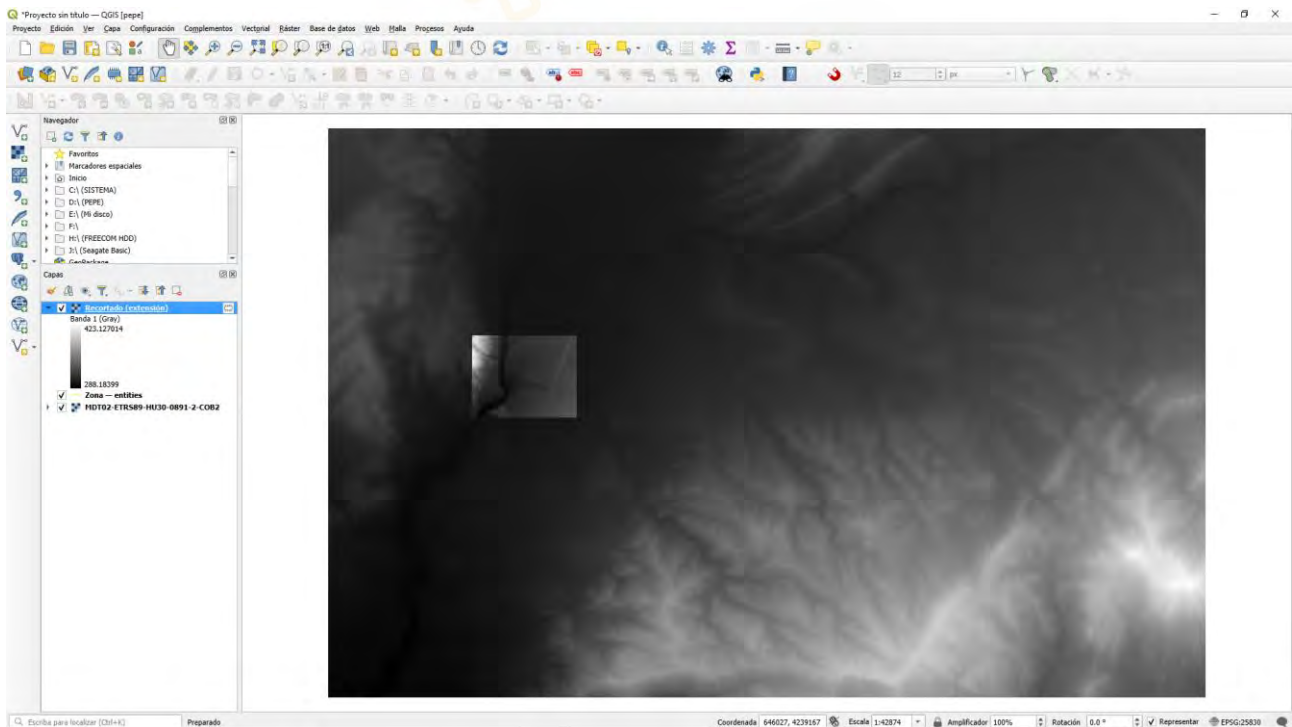


En la ventana de *Extensión de corte*, aparecen las coordenadas del rectángulo.

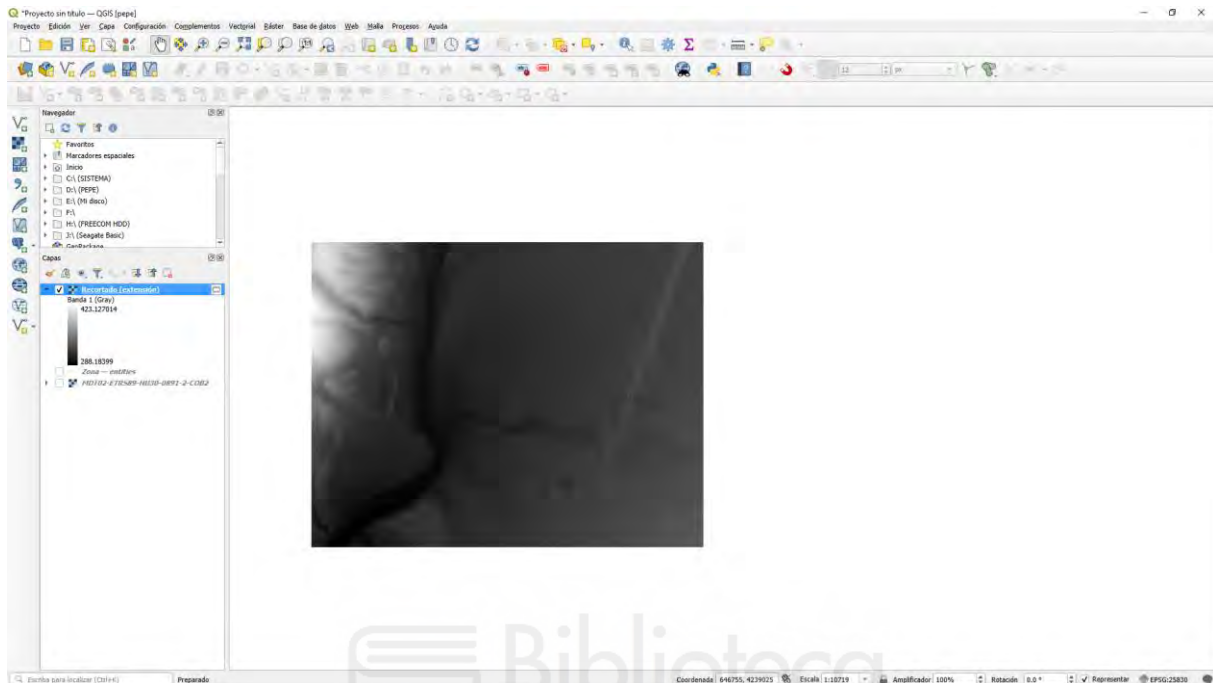
- **Recortado (extensión):** dejamos que se guarde como un archivo temporal o guardamos en el disco duro con un nombre.



Ejecutamos el proceso y obtenemos una capa temporal "Recortado (extensión)" del trozo de MDT recortado.

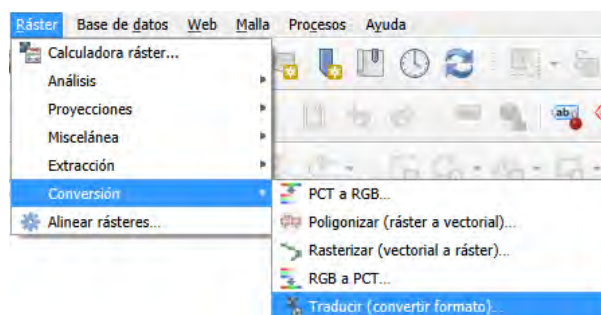


Si desactivamos la capa del MDT original nos queda la capa temporal “*Recortado (extensión)*” para exportarla como ráster (formato *GeoTIFF*) y guardarla en el disco duro.



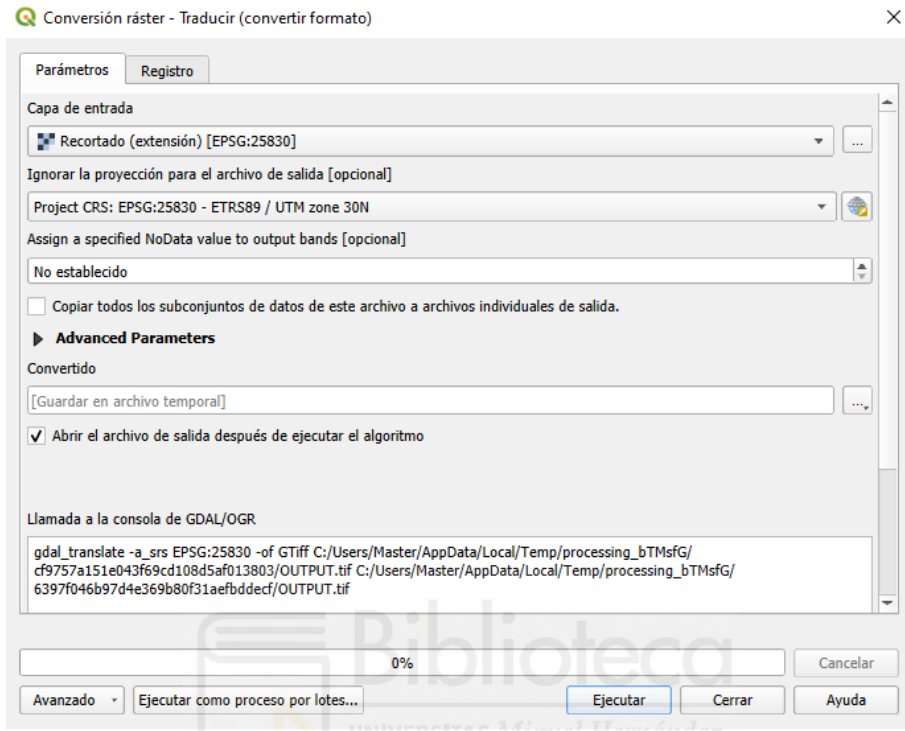
2.3.- Convertir formato


Para poder trabajar con este MDT recortado en la aplicación de AutoCAD Civil3D tenemos que convertirlo en un formato ASCII. Para ello, en el menú **Ráster<>Conversión<>Traducir (convertir formato...)**

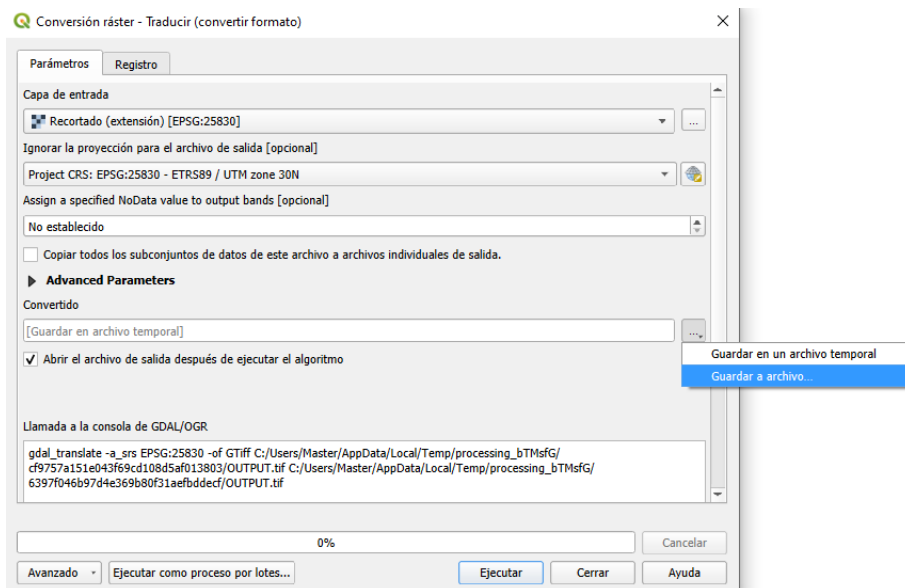


Se abre la ventana del geoproceso, donde se establecen los siguientes parámetros:

- **Capa de entrada:** la capa ráster del MDT recortado (*Recortado*).
- **Ignorar la proyección para el archivo de salida:** desplegamos y seleccionamos **EPSG:25830**.



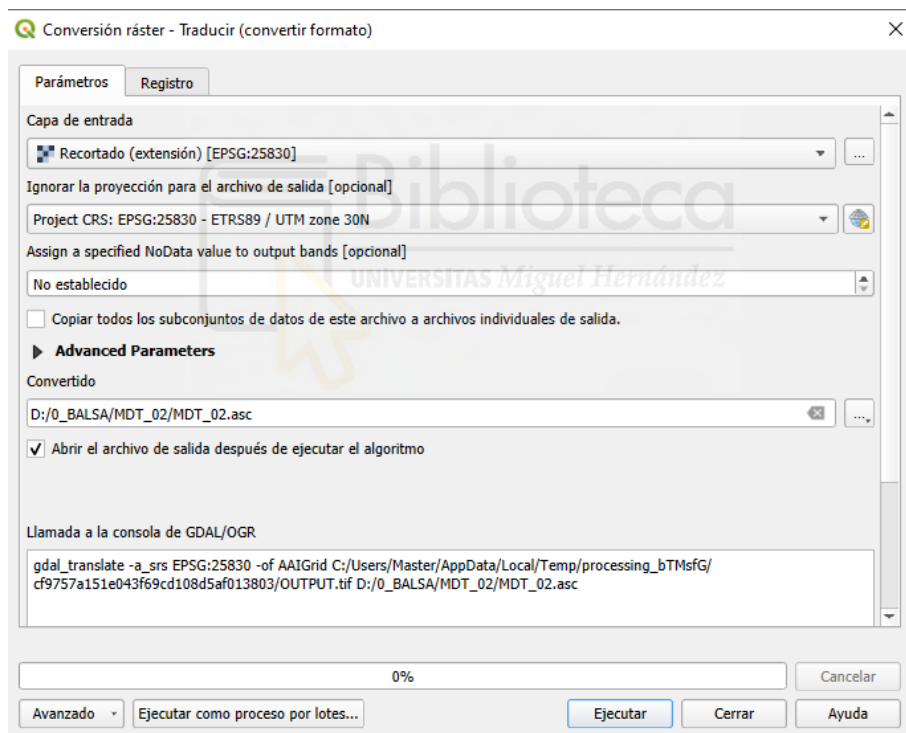
- **Convertido:** desplegamos  y seleccionamos **Guardar a archivo...**



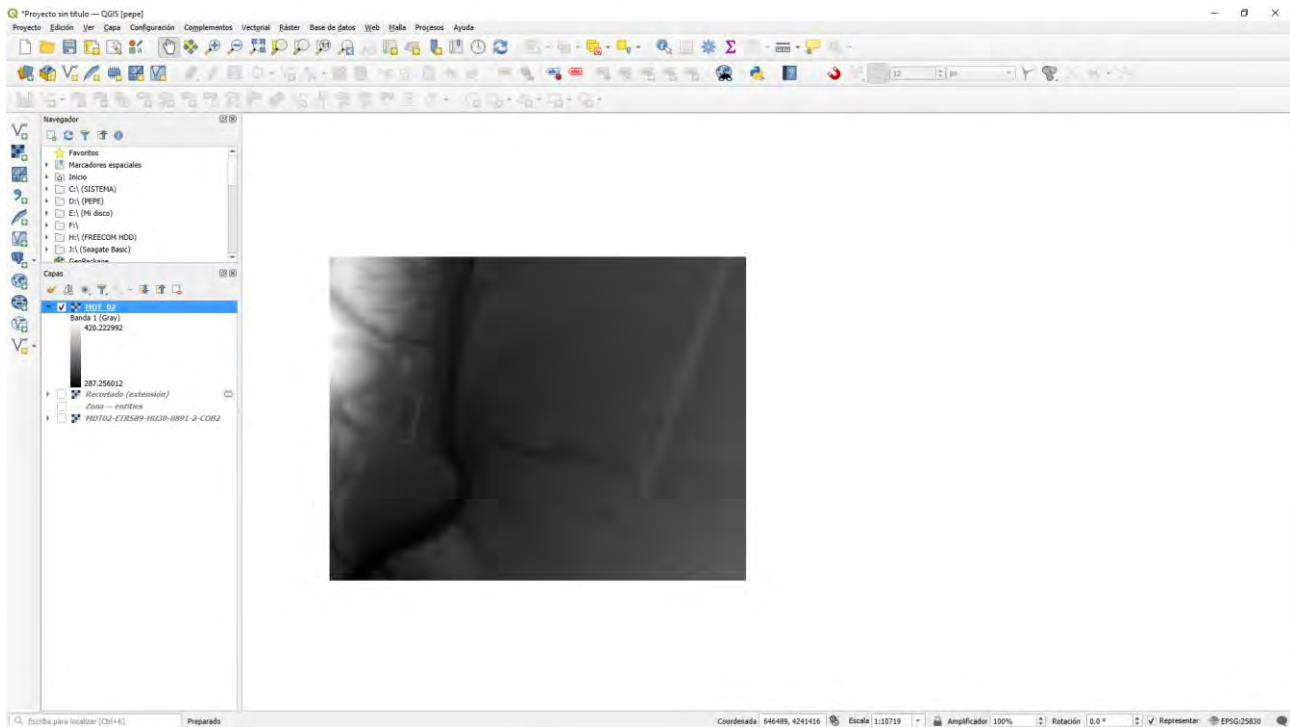
- Nombre: le ponemos un nombre al archivo "MDT_02".
- Tipo: seleccionamos tipo *ASC archivos (*.asc)* del desplegable.



Una vez establecidos los parámetros ejecutamos el proceso.



Se ha guardado un archivo MDT_02.asc que utilizaremos en la aplicación Auto CAD Civil 3D y en la Vista de QGIS se carga la nueva capa generada.



3.- TRANSFORMACIÓN DE LA ORTOFOTO PNOA

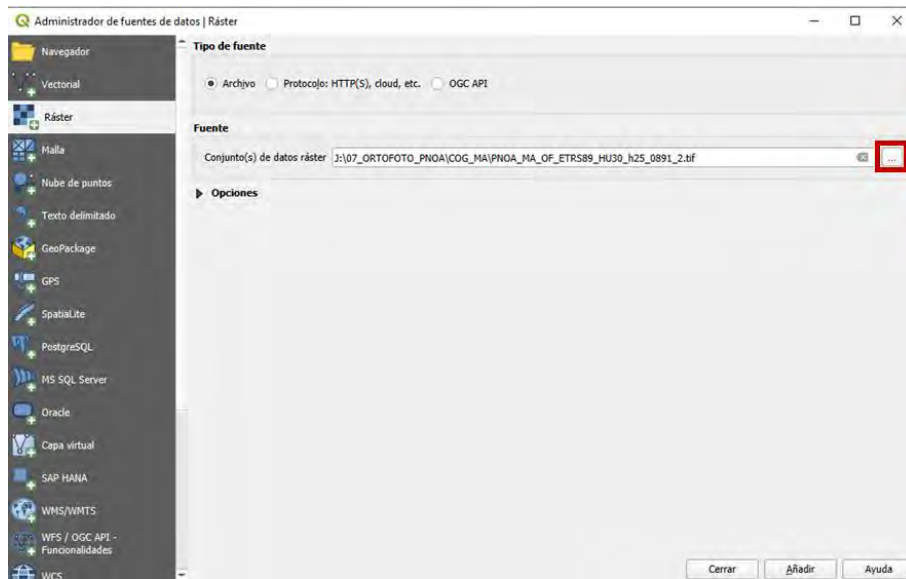
3.1.- Visualizar la ortofoto PNOA con QGIS

En el menú **Capa <> Añadir capa <> Añadir capa ráster...**, o haciendo clic en **Añadir capa ráster**

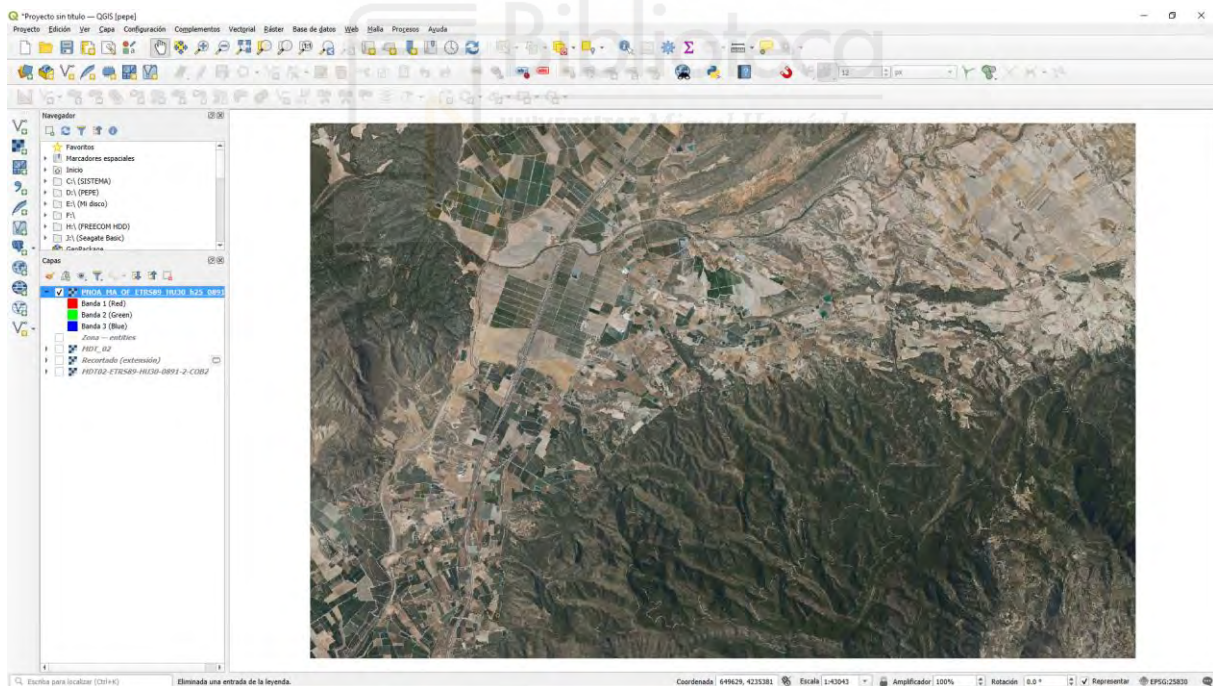


en la barra de herramientas **Administrar capas** se abre la ventana del **Administrador de fuente de datos/Ráster** donde podemos seleccionar el archivo de la ortofoto descargado.

Buscamos  el archivo (*PNOA_MA_OF_ETRS89_HU30_h25_0891_2.tif*) en el explorador.



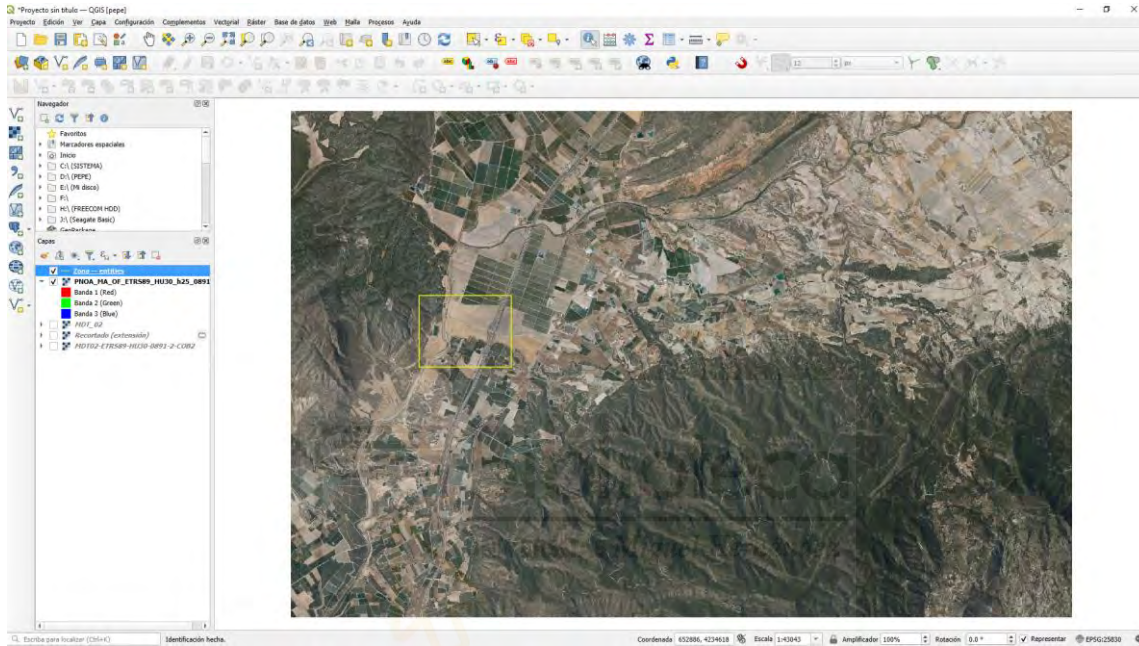
Hacemos clic en **Añadir** para añadirlo a la Vista.



Se obtiene la visualización de la imagen ráster del PNOA. La simbología por defecto corresponde a un tipo de renderizado *Color de multibanda* con las tres bandas *Red*, *Green* y *Blue* (*RGB*). Este ráster tiene un tamaño de píxel de 0,25x0,25m con información RGB en cada uno de los píxeles.

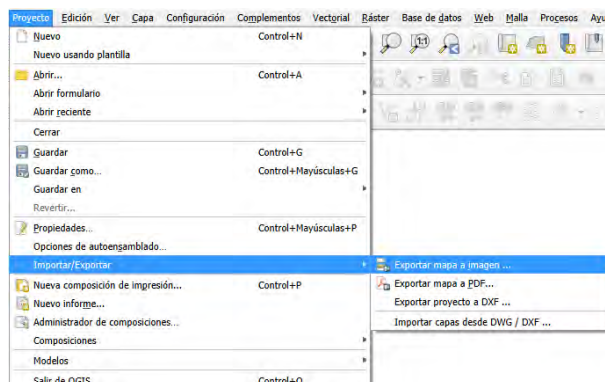
Ahora vamos a realizar un recorte de la imagen ráster ajustado a nuestra zona de estudio y guardarlo con un formato TIF de forma que lo pueda leer la aplicación de Civil3D. Para ello, vamos a utilizar la capa "Zona" que ya tenemos en el panel de Capas de QGIS.

Podemos desactivar o eliminar las capas ráster del MDT utilizadas anteriormente y colocar la capa Zona por encima de la capa ráster del PNOA.



3.2.- Exportar como imagen

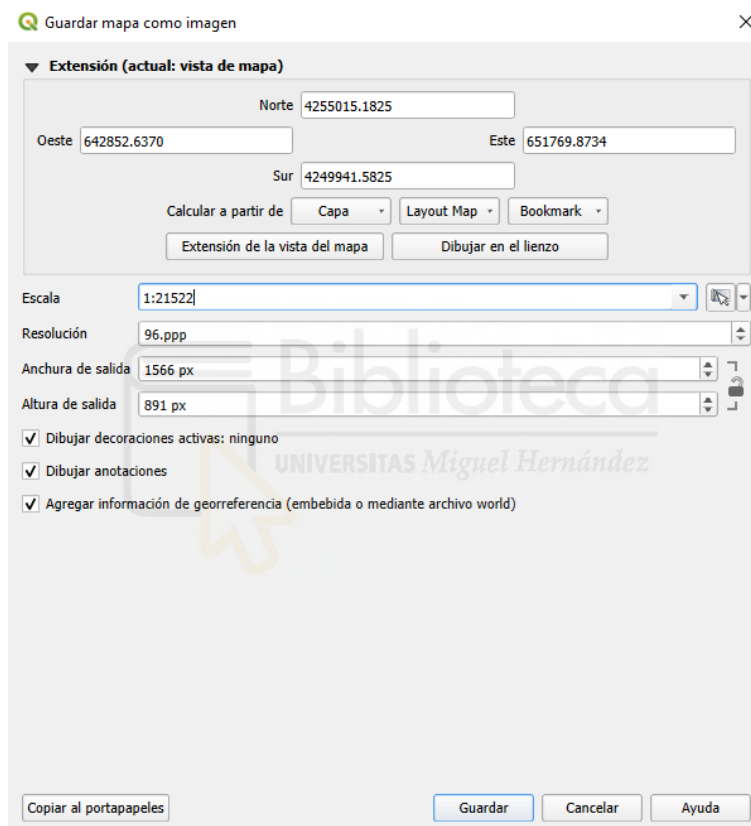
Seleccionamos la capa del ráster del PNOA y en el menú **Proyecto<>Importar/Exportar**, seleccionamos **Exportar mapa a imagen...**



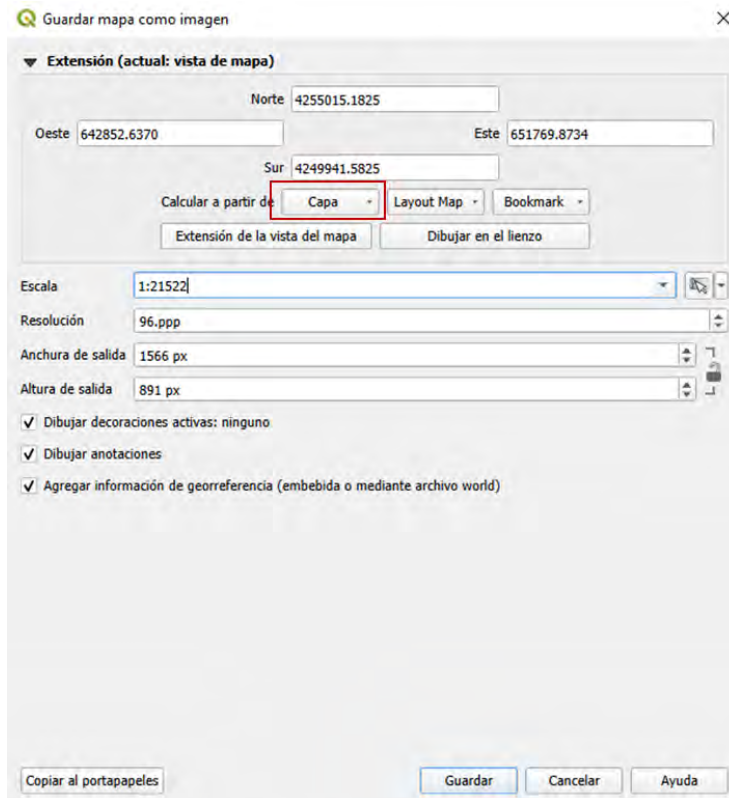
En la ventana de **Guardar mapa como imagen** podemos realizar la exportación de diferentes formas:

- puede ser la extensión de la vista actual (la predeterminada).
- puede ser la extensión de una capa.
- o una extensión personalizada dibujada sobre el lienzo del mapa.

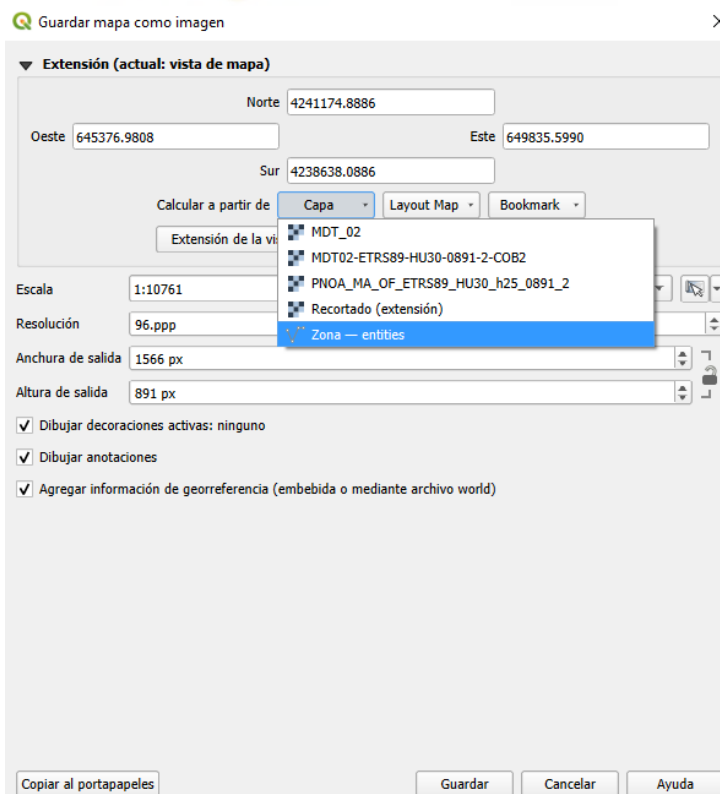
Las coordenadas del área seleccionada se muestran y se pueden editar manualmente.



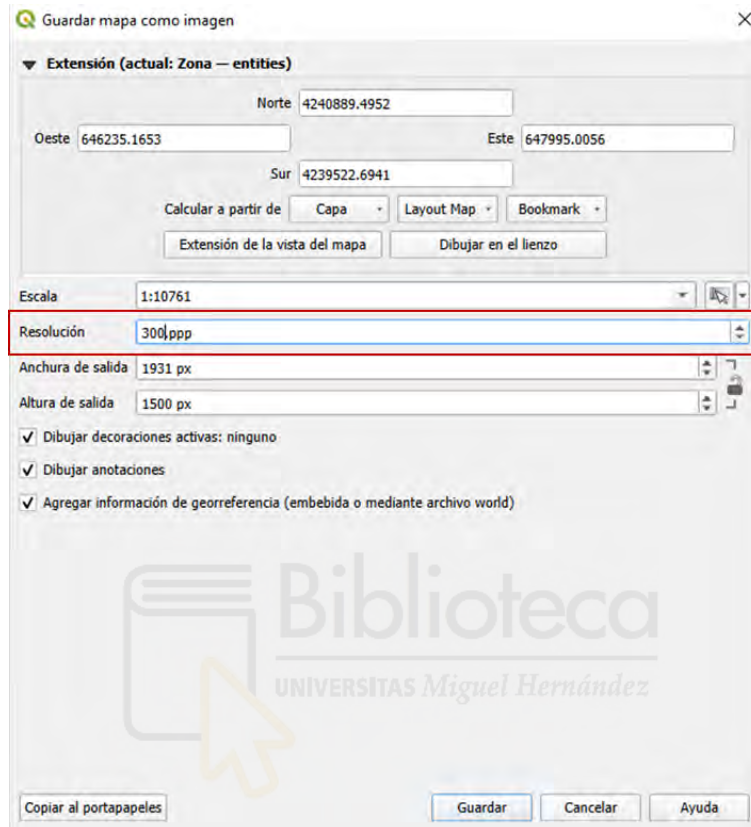
En este caso, desplegamos la opción **Capa**.



Y seleccionamos la capa “Zona” como extensión a exportar.

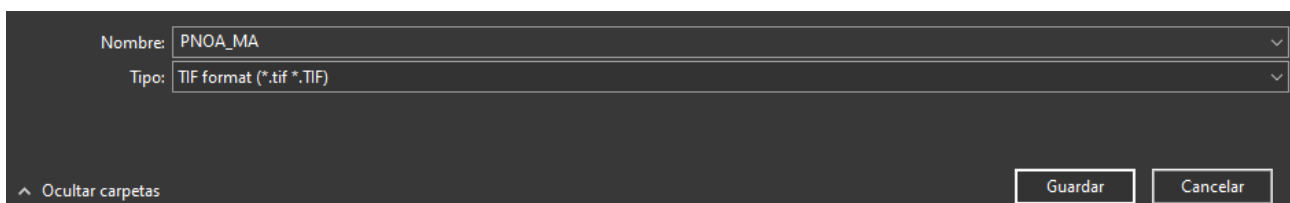


En la opción **Escala** podemos cambiar el tamaño de la exportación. En la opción **Resolución** podemos establecer la resolución de salida de la imagen. También se puede controlar la **anchura de salida** y **altura de salida** en pixeles de la imagen.

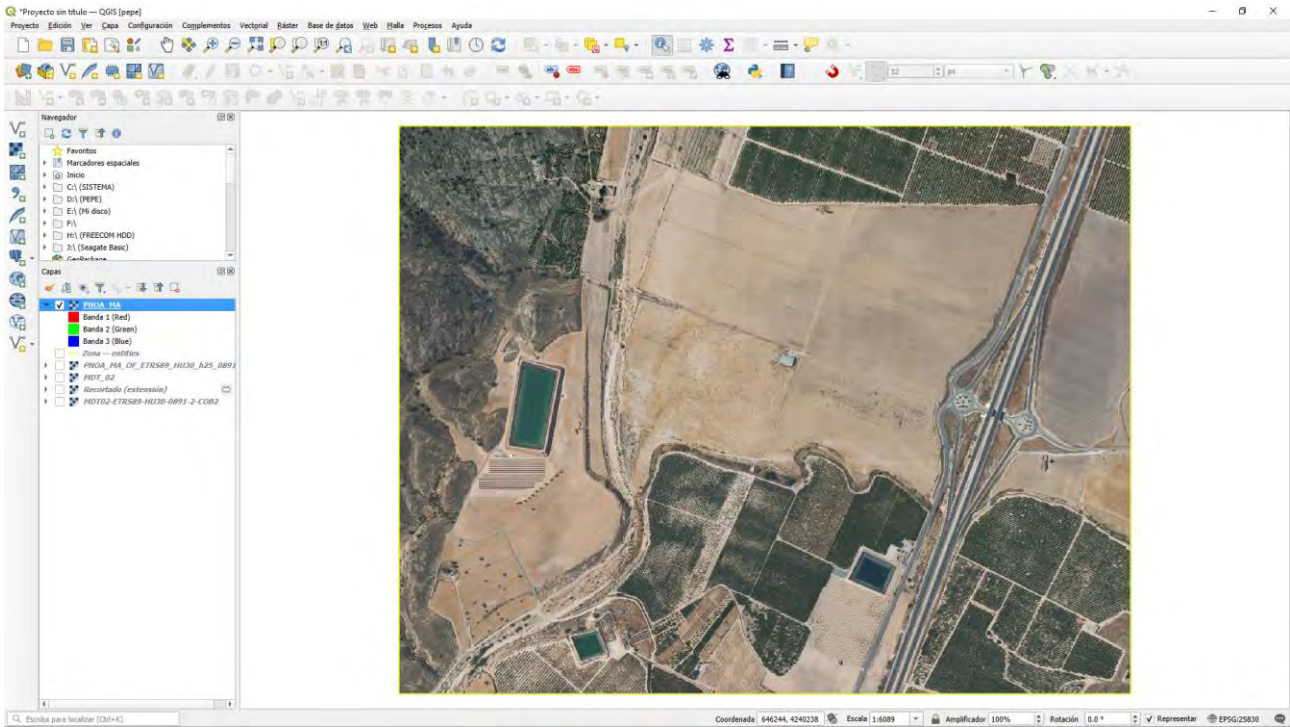


Una vez establecidos los parámetros hacemos clic en **Guardar**.

Se guarda la imagen en el PC con la extensión TIF.

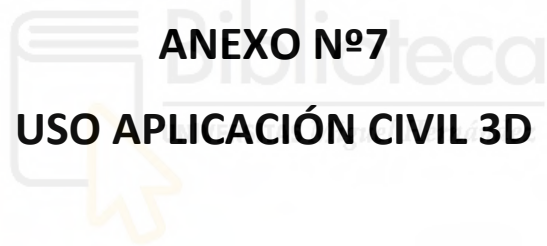


Podemos comprobar el resultado cargando la capa ráster sobre la Vista de QGIS.



Este tipo de formato TIF nos permite usar la imagen en la aplicación CIVIL 3D.





ANEXO N°7

USO APLICACIÓN CIVIL 3D

ÍNDICE

1.- CONFIGURACIONES INICIALES CIVIL 3D	1
1.1- Plantilla de dibujo	1
1.2.- Preferencias de usuario	7
1.3.- Barra de menú clásica	8
1.4.- Barras de herramientas	8
1.5.- Administrador de la barra de estado	11
1.6.- Inicio en CIVIL 3D	12
2.- MODELO DIGITAL DEL TERRENO CON CIVIL 3D	15
2.1.- Introducción	15
2.2.- Superficies TIN	15
3.- BALSA CON CIVIL 3D	22
3.1.- Polilínea 2D del pasillo interior de la balsa.....	22
3.2.- Crear línea característica	22
3.3.- Herramientas de explanación	24
3.4.- Volumen de explanación	34
3.5.- Superficie final del modelo (terreno con balsa).....	41
4.- VOLUMEN DEL AGUA DE LA BALSA CON CIVIL 3D	47
4.1.- Introducción	47
4.2.- Polilínea 2D del pasillo interior de la balsa.....	47
4.3.- Crear superficie cubierta	49
4.4.- Volumen total de agua	54
4.5.- Volumen útil de agua	56
5.- LÍNEA DE PASO DE LA BALSA CON CIVIL 3D	56
5.1.- Introducción	56
5.2.- Superficie de volumen TIN entre el terreno y la balsa	57
5.3.- Volumen de tierras	58
5.4.- Hipsometría	59
5.5.- Polilínea 2D de la línea de paso	69
6.- SECCIONES BALSA CON CIVIL 3D	73
6.1.- Introducción	73
6.2.- Alineación.....	74
6.3.- Líneas de muestreo	77

6.4.- Definición de materiales 80

6.5.- Crear varias vistas 92

6.6.- Añadir tabla de volúmenes..... 102

6.7.- Generar informe de volumen 105



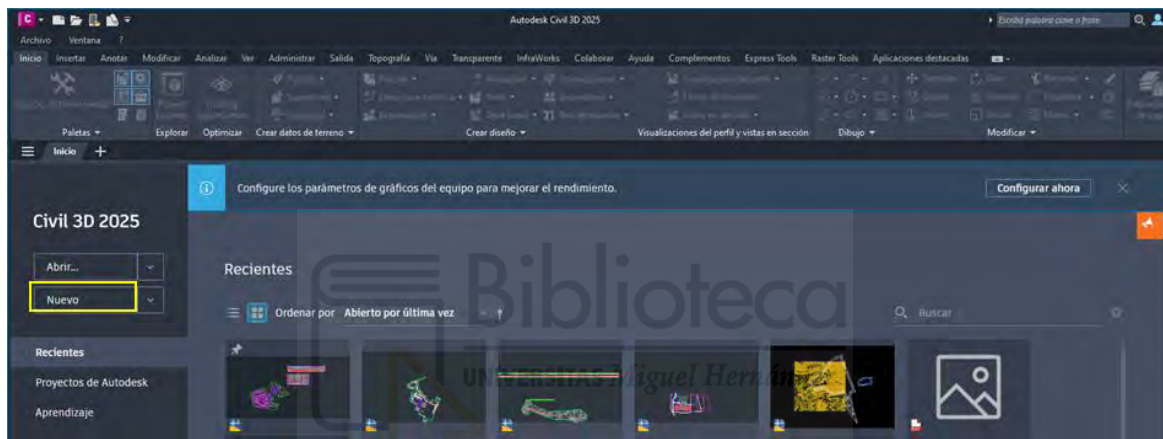
1.- CONFIGURACIONES INICIALES CIVIL 3D


1.1- Plantilla de dibujo

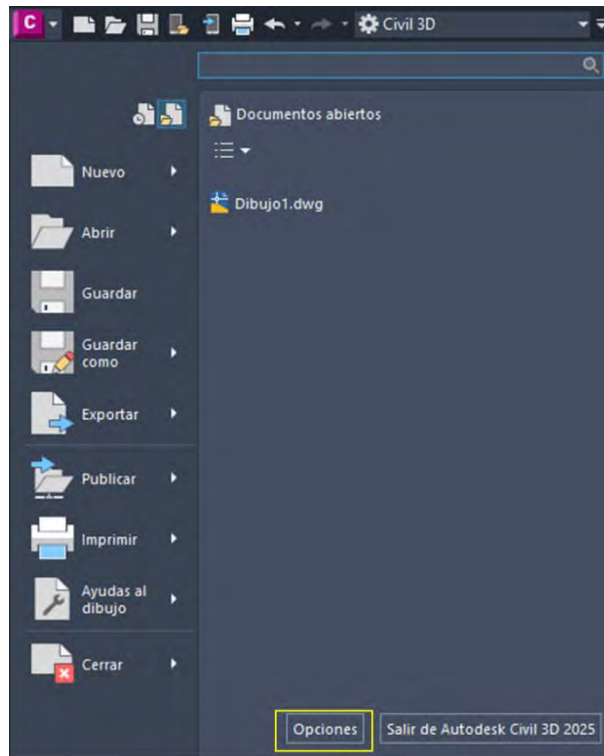
Al instalar la aplicación de Civil 3D la configuración por defecto establece una determinada plantilla de dibujo (extensión ***.dwt**) que está almacenada en una carpeta denominada *“Template”* dentro del disco duro donde se instaló el programa.

La plantilla de dibujo cuenta con una determinada **configuración de estilos** por defecto, que podemos ir modificando y editando en cualquier momento para ir enriqueciendo los diferentes estilos de las diferentes herramientas.

Al abrir la aplicación por primera vez y abrir un archivo *“NUEVO”*, Se carga automáticamente la plantilla establecida por defecto.



Al hacer clic sobre el icono  en la esquina superior izquierda de la aplicación, se abre la siguiente ventana.

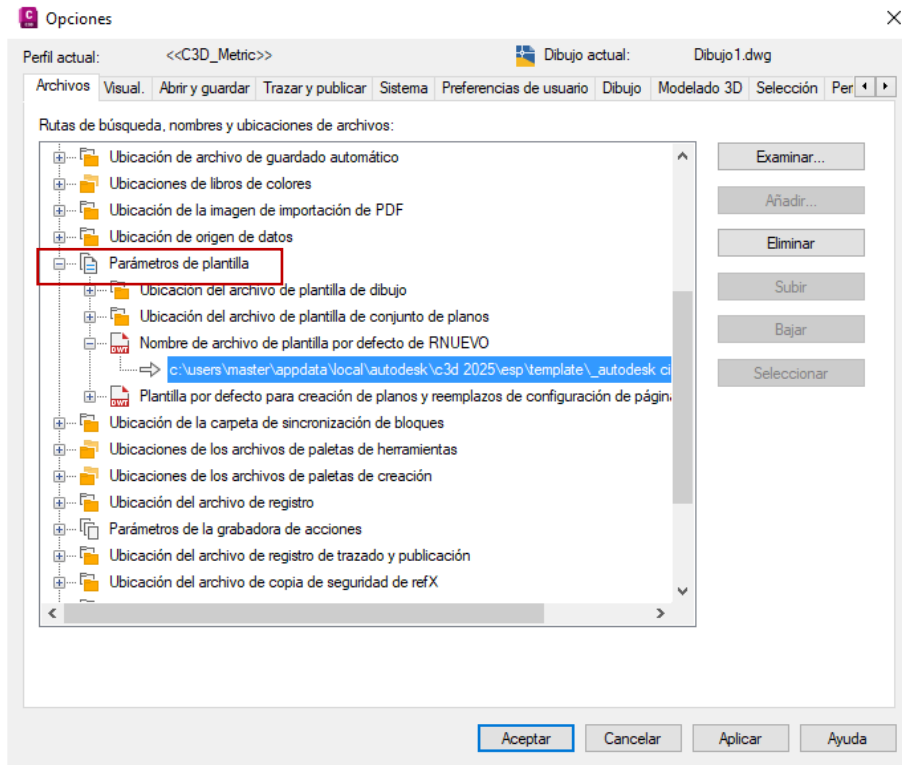


Haciendo clic en **Opciones** se abre la ventana con diferentes pestañas.

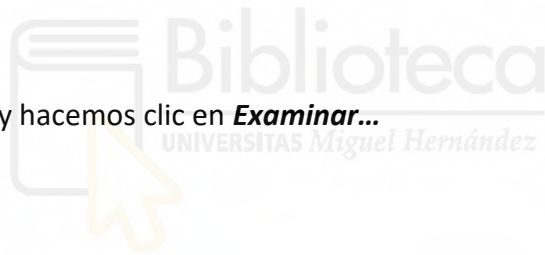
En la pestaña de **Archivos**, desplegamos el árbol (+) Parámetros de plantilla y a continuación, desplegamos el árbol (+) Nombre de archivo de plantilla por defecto de RNUEVO.

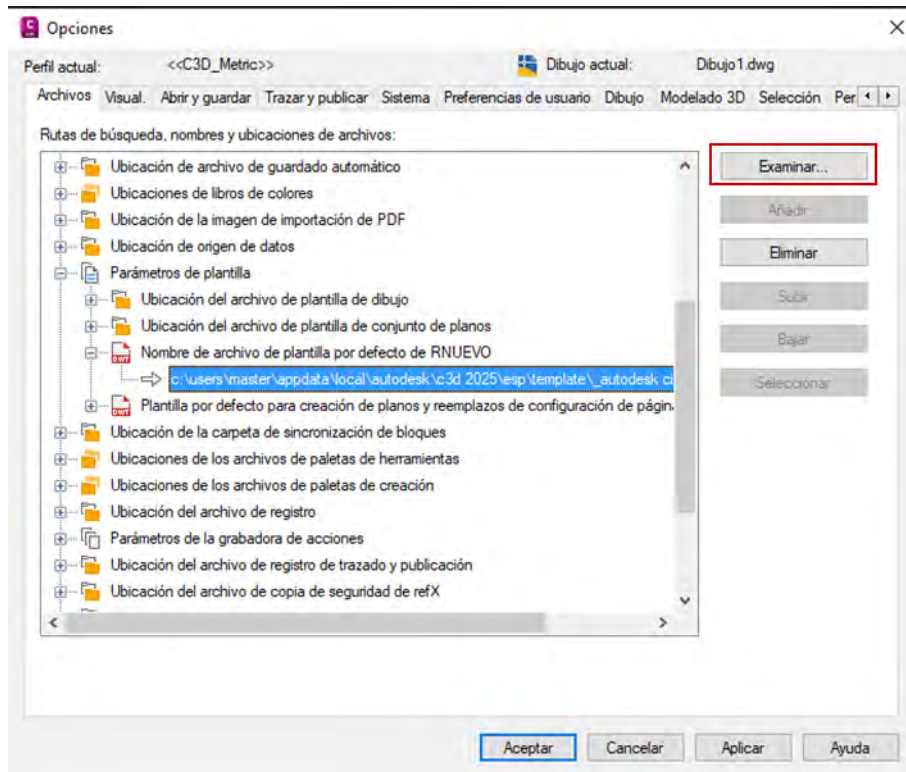
Aparece la ruta completa donde se ubican los ficheros de plantilla y nos muestra el fichero establecido por defecto cuando abrimos un archivo nuevo.

`c:\users\master\appdata\local\autodesk\c3d 2025\esp\template_autodesk civil 3d (metric) ncs.dwt`

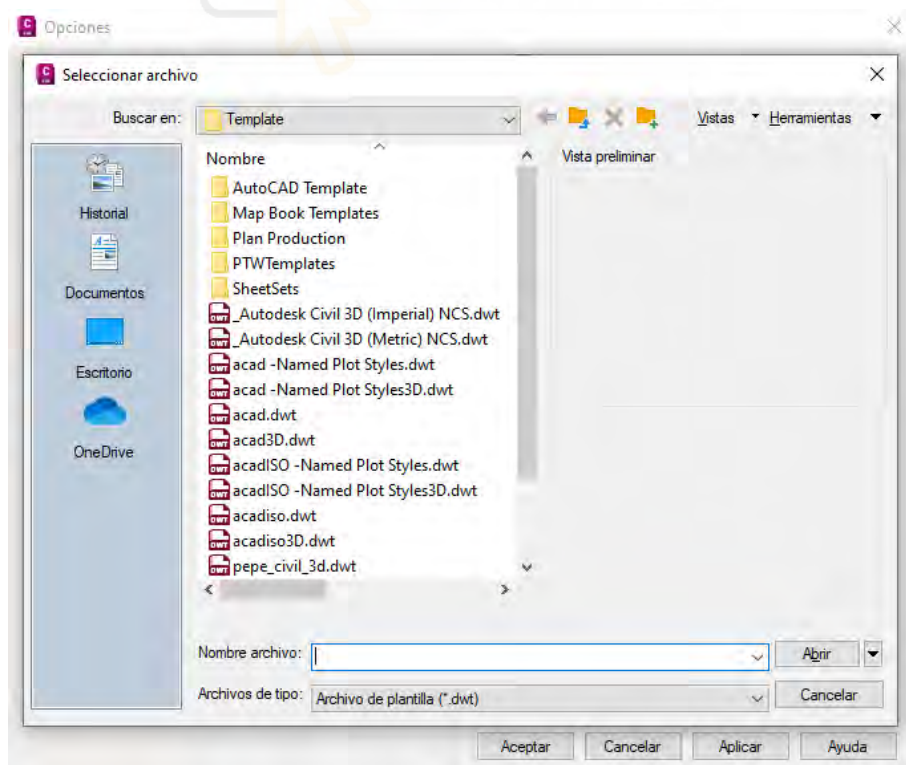


Seleccionamos la ruta y hacemos clic en **Examinar...**

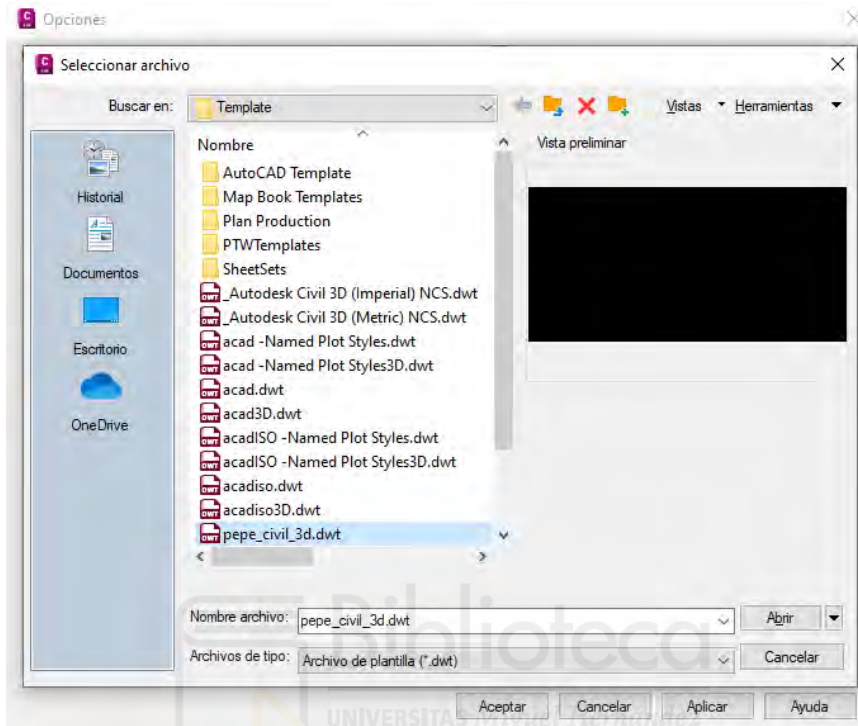




Se abre la ventana del *Explorador* con la carpeta Template y todos los archivos de plantilla que tiene la aplicación por defecto. Aquí es donde deben ubicarse los archivos de plantilla que queramos utilizar.



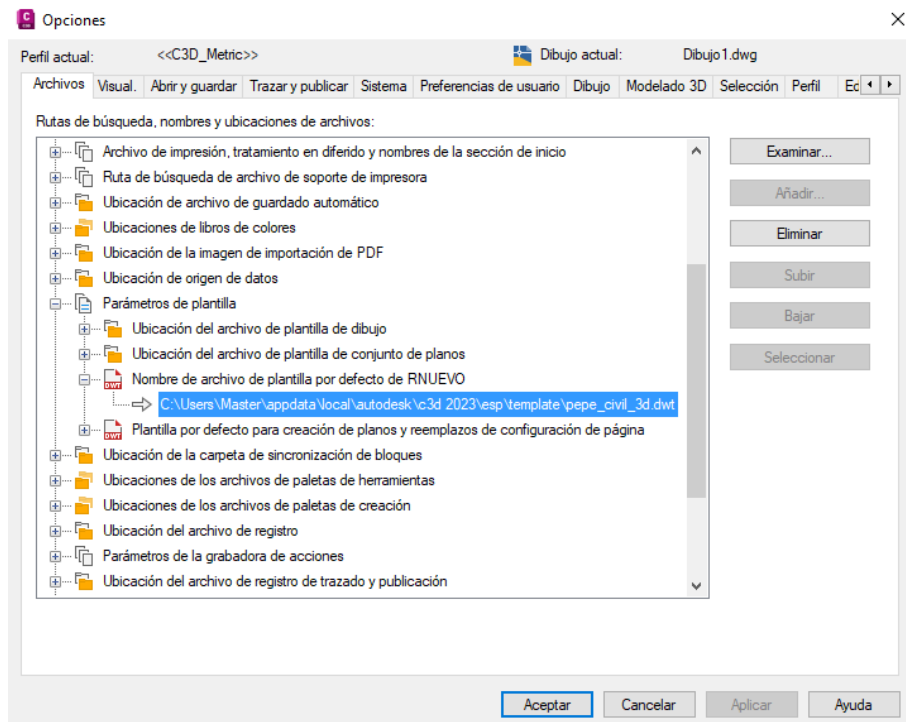
Si queremos que cada vez que abramos un archivo *NUEVO* se abra con una plantilla determinada, se debe seleccionar y abrirla para que quede fijada. Aquí vamos a seleccionar la plantilla pepe_civil_3d.dwt⁽¹⁾ que previamente hemos guardado en la ruta correspondiente, a través del explorador del PC.



Hacemos clic en **Abrir**.

(1) Esta plantilla proviene de una plantilla determinada para la zona de España, pero editada y mejorada para su uso en Civil 3D.



Hemos establecido que cada vez que se abra un archivo nuevo la aplicación cargue nuestra plantilla determinada.



De esta forma, cada vez que trabajemos en Civil 3D con un archivo *NUEVO*, estaremos trabajando con nuestra plantilla configurada.

IMPORTANTE: es muy importante tener claro la plantilla de dibujo *.dwt con la que trabajamos en Civil 3D. Si abrimos un archivo que nos han enviado o un archivo DWG/DXF realizado con la aplicación de AutoCAD, estaremos abriendo la plantilla por defecto de ese archivo y nos encontraremos con una configuración de estilos en el Espacio de Herramientas totalmente diferente a la que tenemos configurada en nuestra plantilla y lo que es peor, encontrarnos con ningún estilo configurado, puesto que estamos abriendo un dibujo con una plantilla determina de AutoCAD.

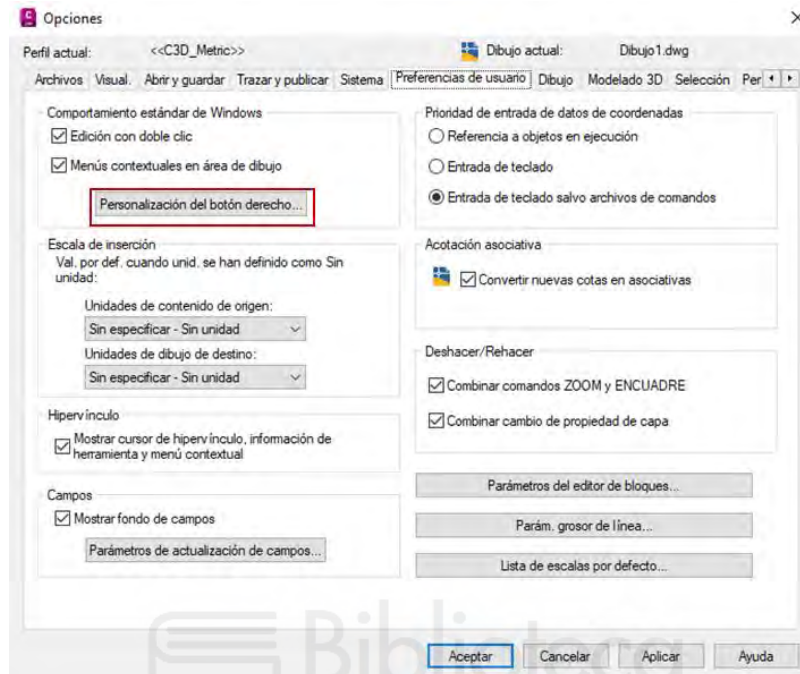
Por todo esto, es muy importante saber que NO podemos trabajar directamente con un archivo que viene de fuera, ya que perdemos nuestra configuración de plantilla. El procedimiento sería el siguiente:

1. Abrimos en Civil 3D el fichero que nos han enviado o tenemos de la aplicación AutoCAD.
2. Seleccionamos todos los elementos del dibujo y hacemos clic en **Copiar** .
3. Abrimos un archivo NUEVO (que abre nuestra plantilla de dibujo).
4. Hacemos clic en **Pegar en coordenadas originales**  **Pegar en coordenadas originales**.

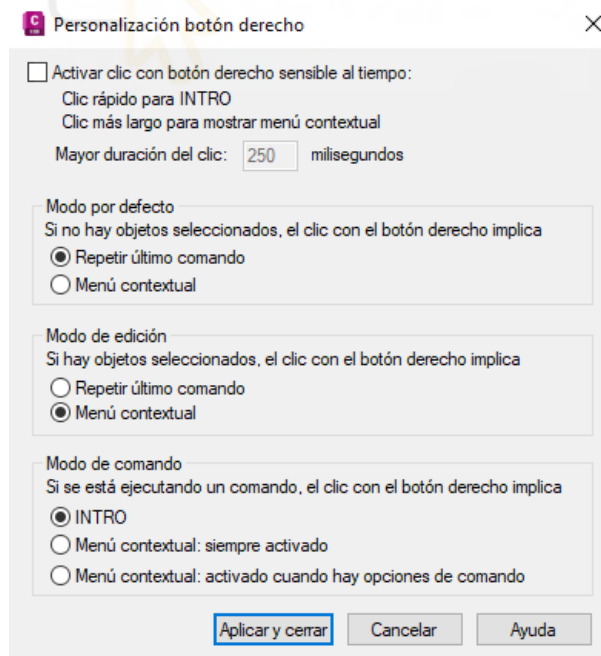
De esta forma, tenemos el dibujo y la configuración de nuestra plantilla de dibujo.

1.2.- Preferencias de usuario

En la pestaña de **Preferencias de usuario**, podemos **Personalizar el botón derecho** del ratón para agilizar su manejo.

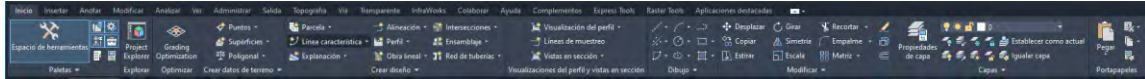


Recomendamos esta configuración.



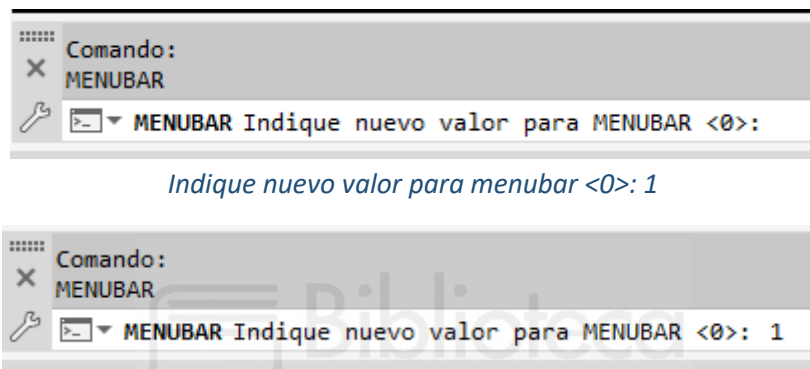
1.3.- Barra de menú clásica

Además de las fichas y cintas de opciones se puede trabajar con el menú clásico de AutoCAD Civil 3D para acceder más fácilmente a determinados comandos.



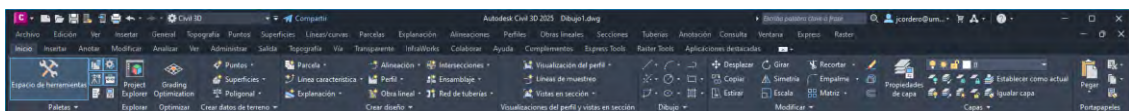
Para mostrar la barra de menú clásica:

Comando: menubar



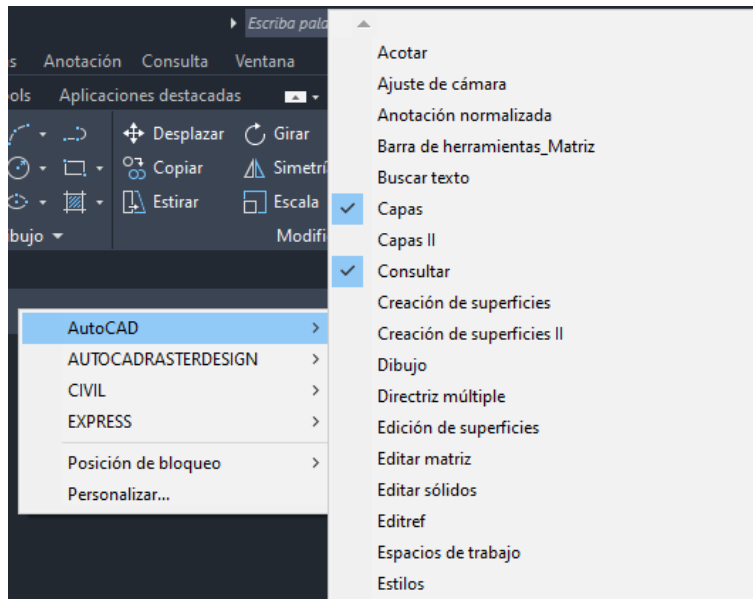
Pulsamos **ENTER**.

En la parte superior aparece la barra de menú clásica.



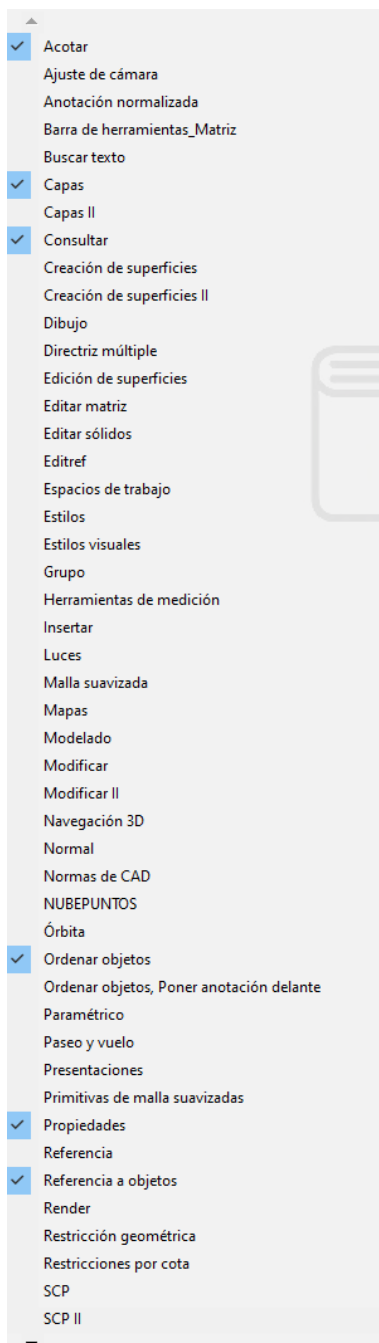
1.4.- Barras de herramientas

Podemos personalizar la ventana de Civil 3D colocando las barras de herramientas que más utilizamos en los márgenes superior e izquierdo de la Ventana de dibujo. Podemos hacerlo colocando el puntero del ratón sobre el fondo de una barra de herramientas ya existente y pulsando el botón derecho del ratón, seleccionamos AutoCAD.




Se despliega una ventana con todas las herramientas disponibles, que podemos ir incorporando al espacio de trabajo. Se recomiendan como mínimo las siguientes:

- Acotar
- Capas
- Consultar
- Ordenar objetos
- Propiedades
- Referencia a objetos



1.5.- Administrador de la barra de estado

Pulsando el icono  situado en la esquina inferior derecha de la ventana de Civil 3D, nos permite activar y desactivar la visualización de los iconos de los parámetros en la *barra de estado inferior*.



Podemos activar o desactivar las distintas funciones pulsando sobre cada icono.





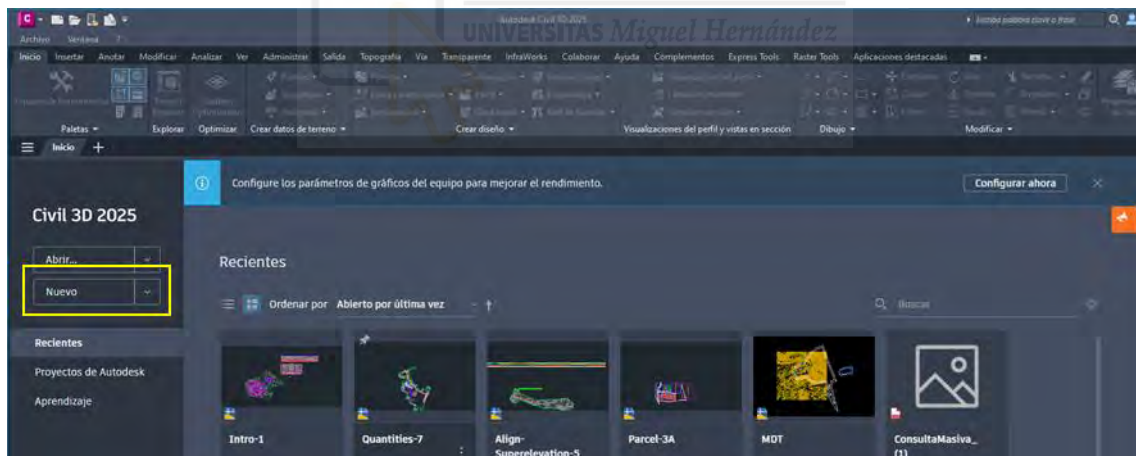
Una de las funciones importantes de visualizar y activar es la del **Ciclo de selección** : controla el comportamiento de visualización al colocar el cursor sobre un objeto que se solapa con otros objetos o al seleccionarlo.

1.6.- Inicio en CIVIL 3D

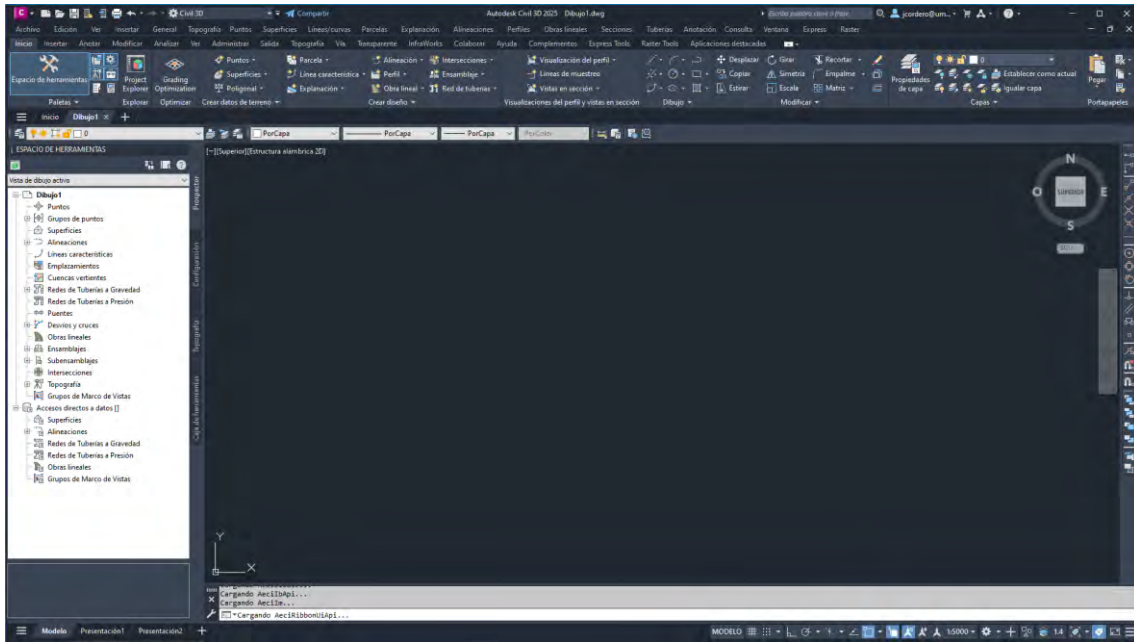
Abrimos la aplicación de Civil 3D



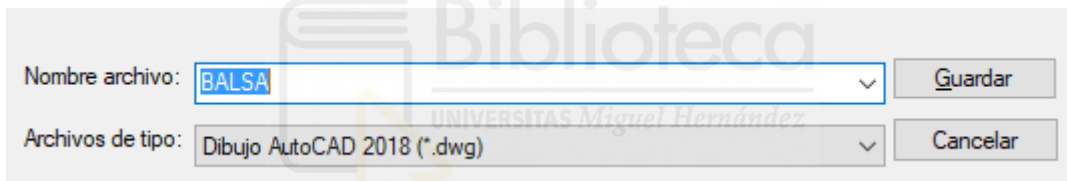
y hacemos clic en **Nuevo** para abrir un dibujo nuevo que llevará nuestra plantilla personalizada.



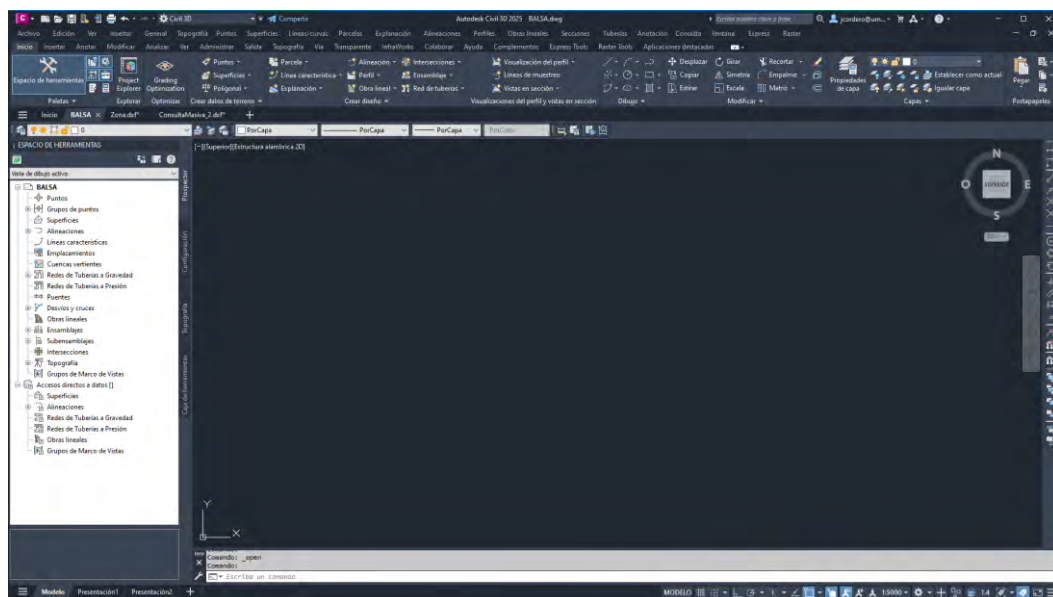
Se abre un archivo nuevo vacío



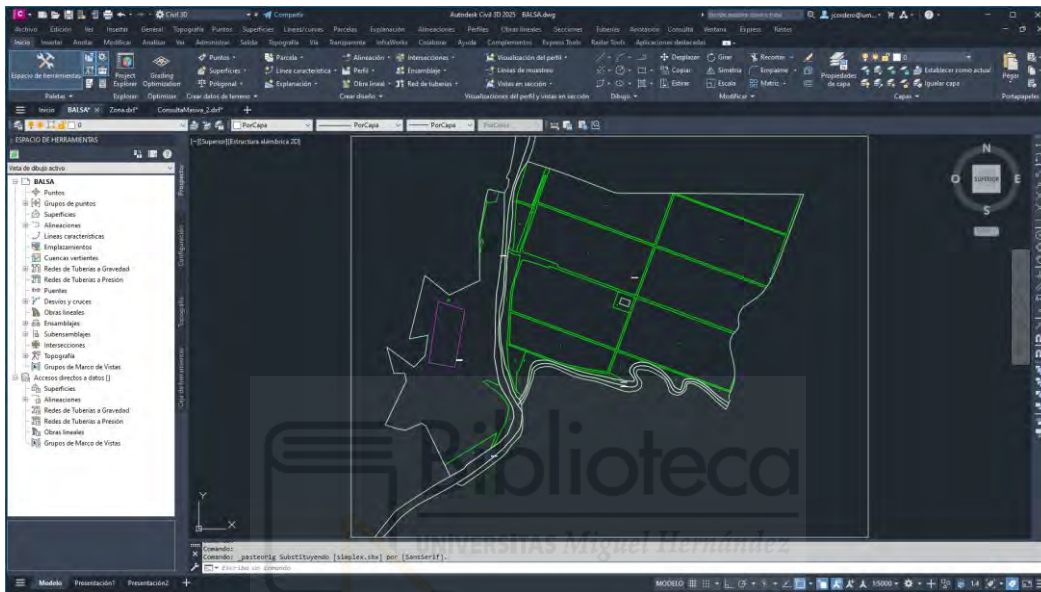
y lo guardamos como "BALSA". En el menú **Archivo**<>**Guardar como...**



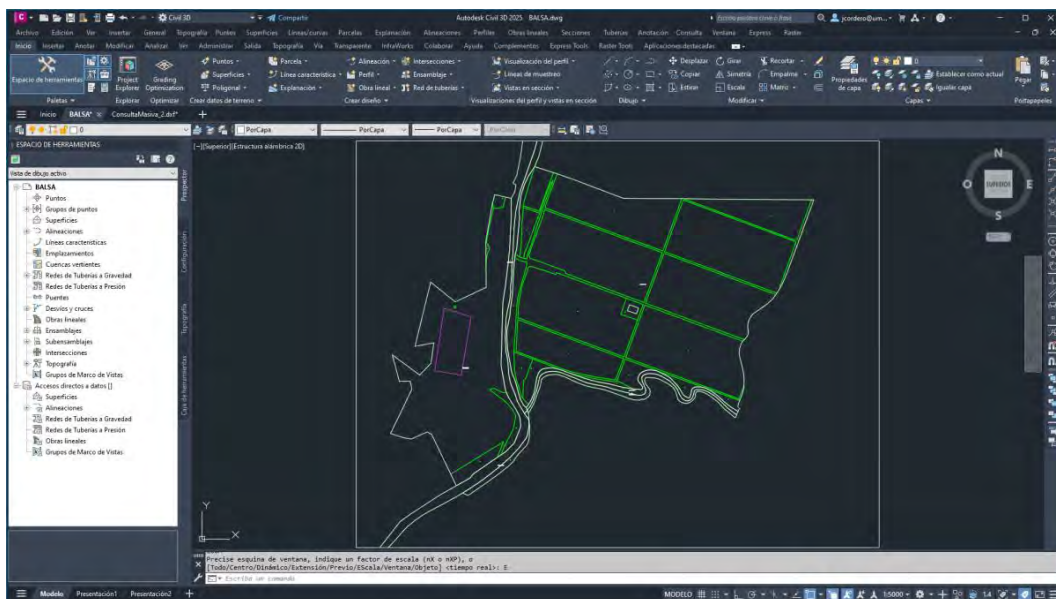
Tenemos abierto un dibujo denominado "BALSA" completamente vacío, pero con la plantilla de dibujo que hemos cargado por defecto.



Por otra parte, con el objeto de mantener esa plantilla en nuestro dibujo, abrimos de forma independiente el fichero tipo ***.dxf** que hemos descargado desde la Sede Electrónica del Catastro, el fichero **ConsultaMasiva_dxf**. Este fichero, que contiene la cartografía catastral de las parcelas donde se ubicará la balsa y de la explotación agrícola, contiene su propia plantilla, que nada tiene que ver con la nuestra. Por este motivo, para usar este dibujo en nuestro dibujo, tenemos que copiar (**Ctrl+C**) todas las entidades y pegarlas en coordenadas originales (**_pasterorig**) en nuestro dibujo vacío **"BALSA"**.



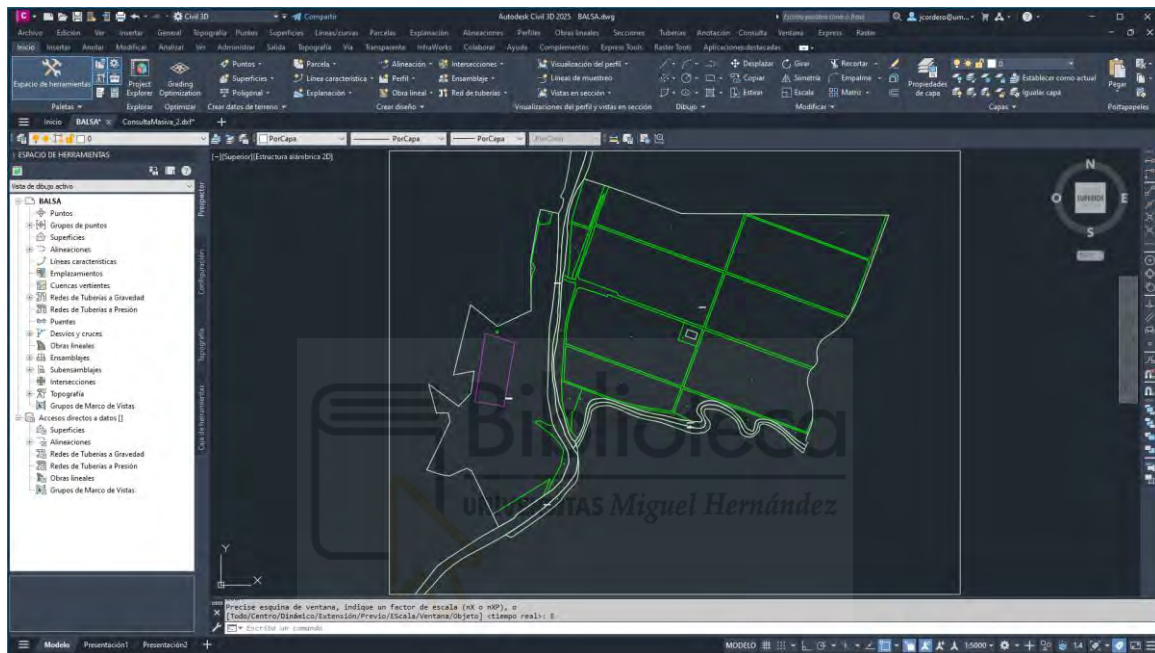
De esta forma, tenemos la cartografía catastral sobre el dibujo **"BALSA"** para empezar a trabajar con Civil 3D y diseñar la balsa de riego.



2.- MODELO DIGITAL DEL TERRENO CON CIVIL 3D

2.1.- Introducción

En Civil 3D, los modelos digitales del terreno (MDT) se denominan **SUPERFICIES**. Se generan a partir de un conjunto de puntos, triangulaciones TIN, datos DEM (*Digital Elevation Model*), objetos de AutoCAD, curvas de nivel, líneas de rotura, contornos...



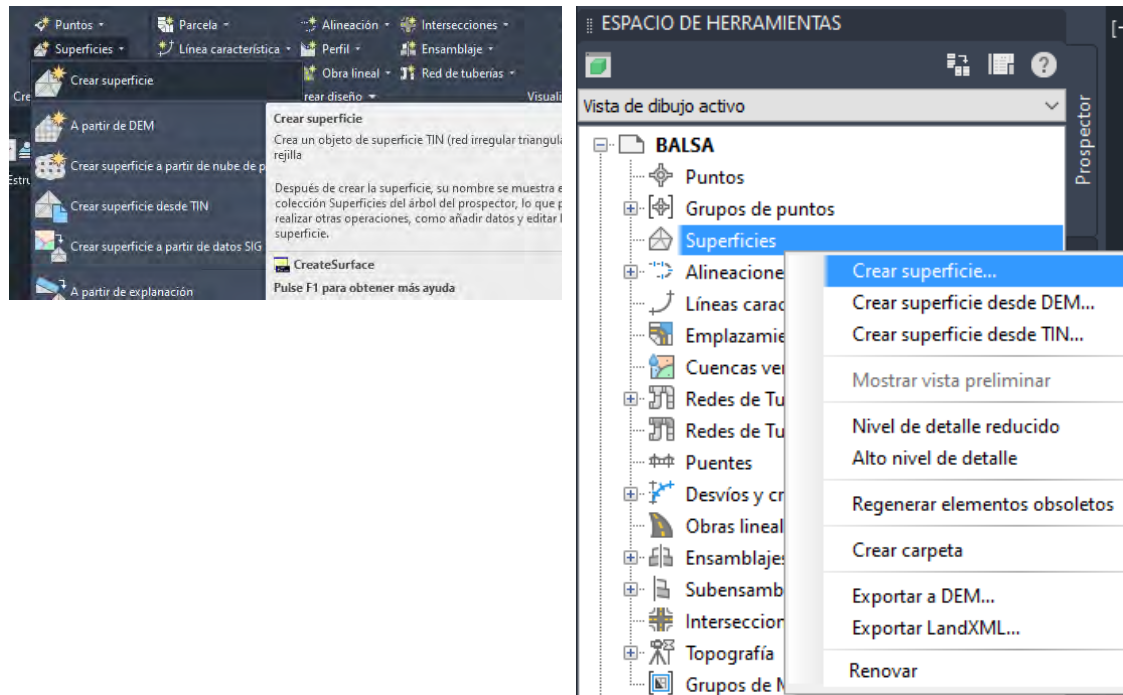
2.2.- Superficies TIN

Podemos acceder de tres formas:

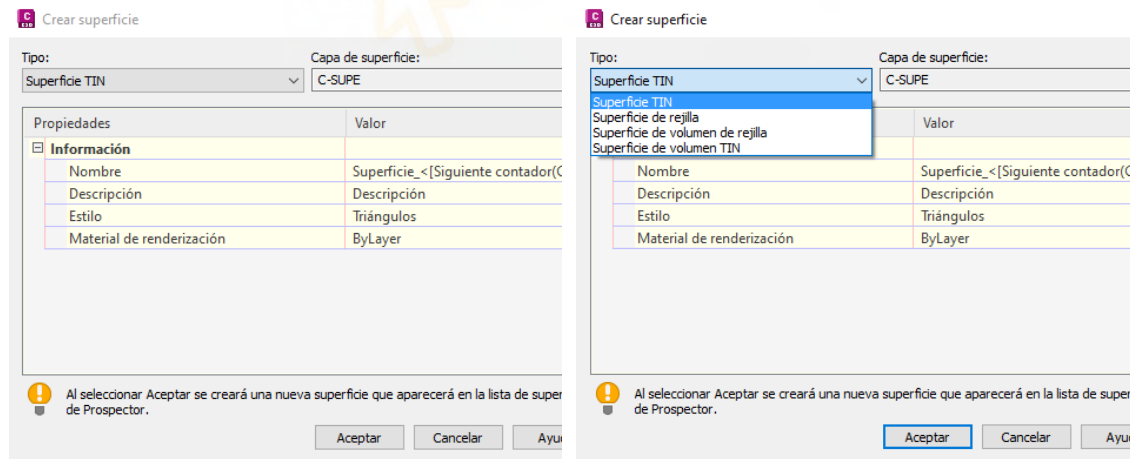
1.- **Menú** <> **Superficies** <> **Crear Superficie...**

2.- En la ficha **Inicio** <> grupo **Crear datos de terreno** <> desplegable **Superficies** <> **Crear superficie...**

3.- En el **Espacio de herramientas**, en la ficha **Prospector**, seleccionamos **Superficies** y con el botón derecho del ratón seleccionamos **Crear superficie...**



Se abre el cuadro de diálogo **Crear superficie**.



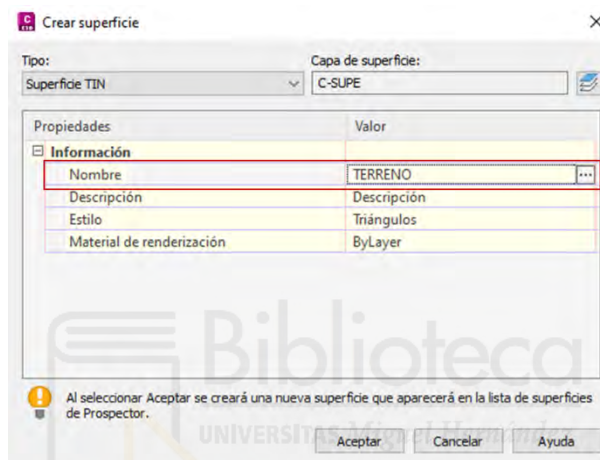
En la lista **Tipo**, tenemos los siguientes tipos de superficie:


- **Superficie TIN**: se genera a partir de la triangulación de un grupo de puntos, archivo de puntos, archivos DEM....
- **Superficie de rejilla**: se genera a partir de la triangulación de una matriz regular de puntos (modelo digital de elevación o DEM).

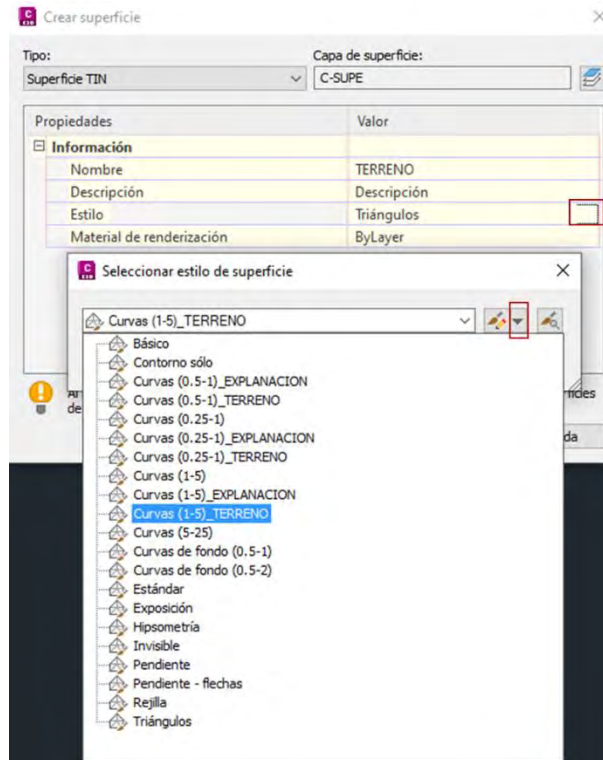
- **Superficie de volumen de rejilla:** se genera una superficie igual que la anterior, pero a partir de superficies de rejilla.
- **Superficie de volumen TIN:** se genera a partir de la combinación de puntos de una superficie de comparación y una superficie base. Se obtiene una diferencia exacta entre ambas superficies, proporcionando un volumen de desmonte y terraplén.

En **Tipo** seleccionamos **Superficie TIN**.

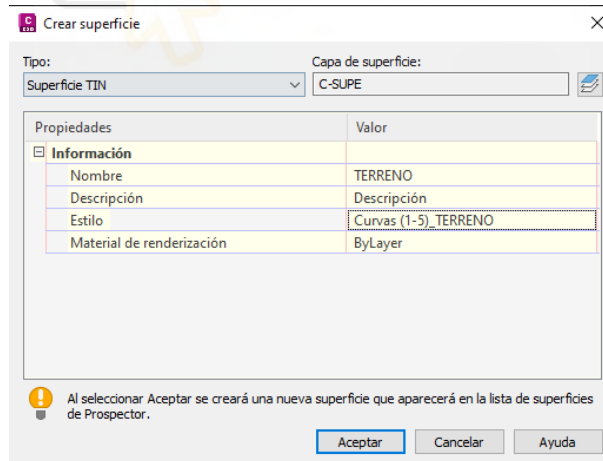
En **Propiedades**, en el campo **Nombre**, escribimos un valor: "TERRENO"



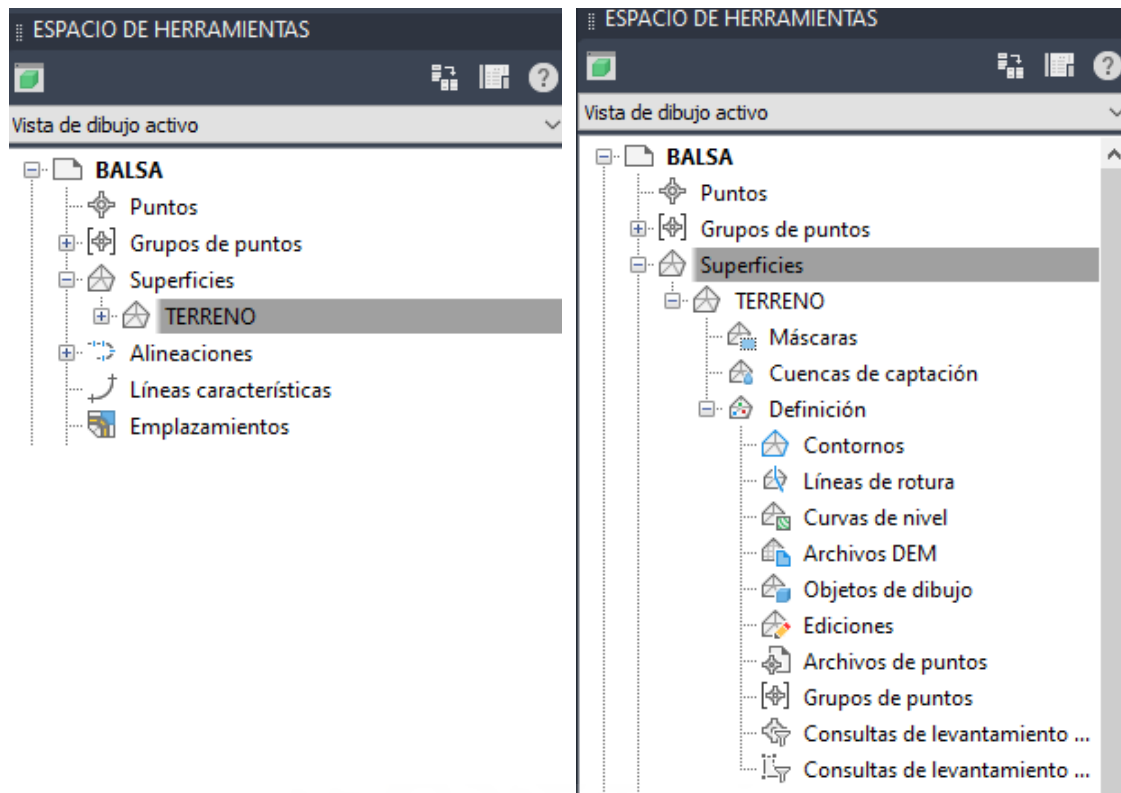
Y en el campo **Estilo**, si desplegamos , observamos los diferentes estilos de superficie que tiene la plantilla de dibujo abierta. Seleccionamos el estilo **Curvas (1-5)_TERRENO**



En la ventana tenemos configurada la nueva superficie y pulsamos **Aceptar** en el cuadro de diálogo.

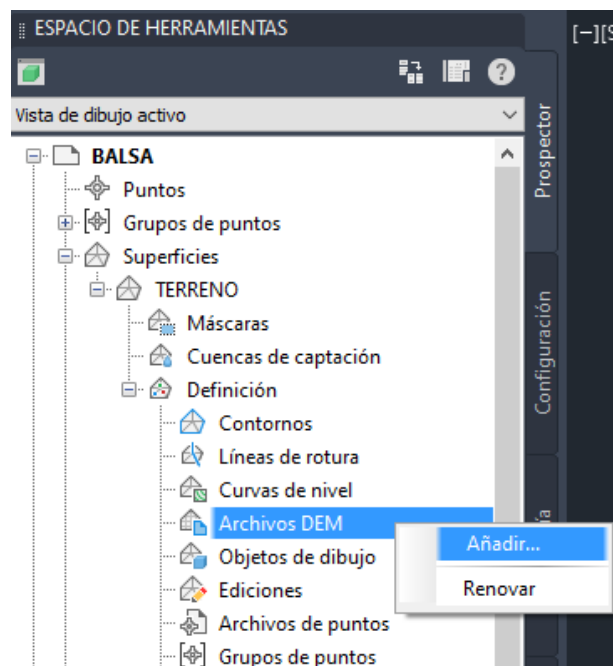


En el Espacio de herramientas, si desplegamos **(+) Superficies**, nos aparece la superficie creada **(+) TERRENO**, que si se despliega y a su vez desplegamos **(+) Definición**, tenemos el conjunto de parámetros que podemos usar para definir esa superficie.

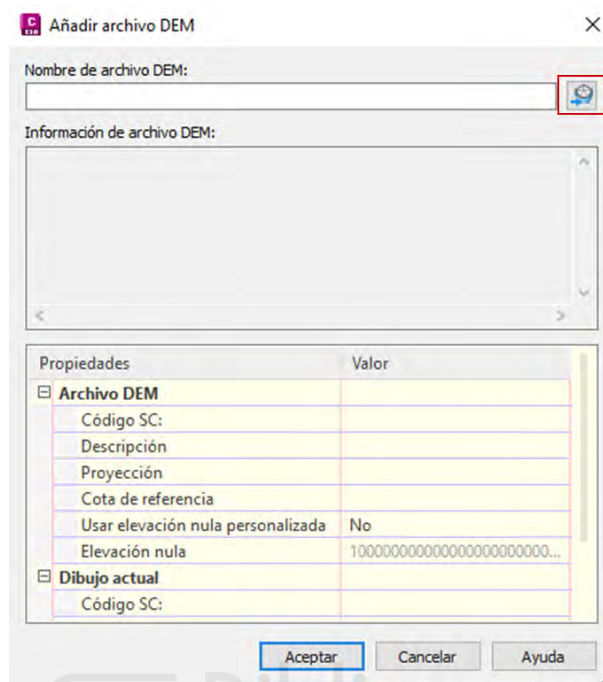


Para la definición de la superficie TERRENO que acabamos de crear vamos a utilizar el archivo MDT_02.asc que guardamos desde la aplicación de QGI.

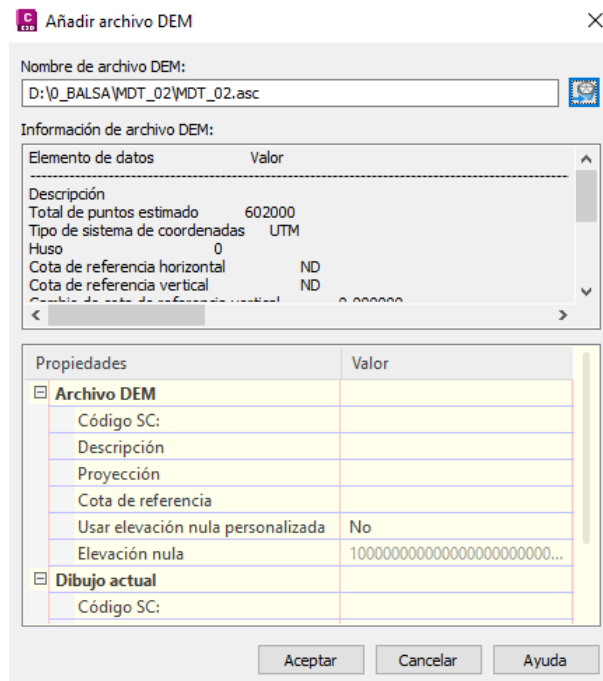
Para ello, en el árbol (+) **Definición** hacemos clic en Archivo DEM y pulsando el botón derecho del ratón seleccionamos **Añadir...** en el menú desplegable.



En la ventana de **Añadir archivo DEM**, seleccionamos el fichero MDT02.asc que tenemos guardado.

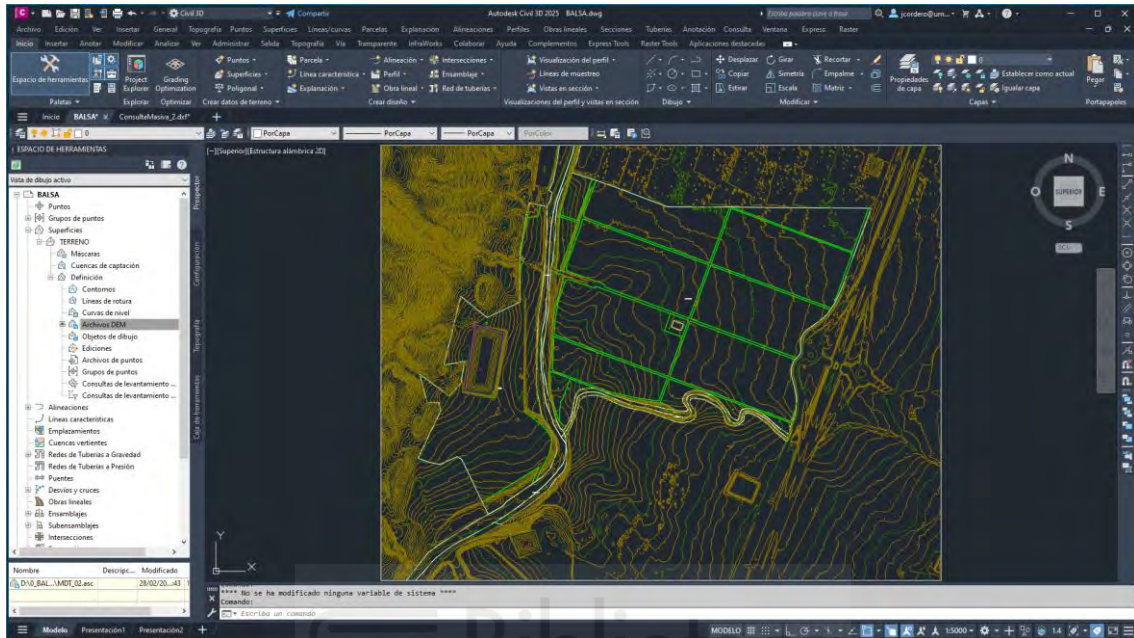


En la ventana de información aparecen los datos principales del archivo como son el número total de puntos, el sistema de coordenadas y el intervalo de puntos entre otros.



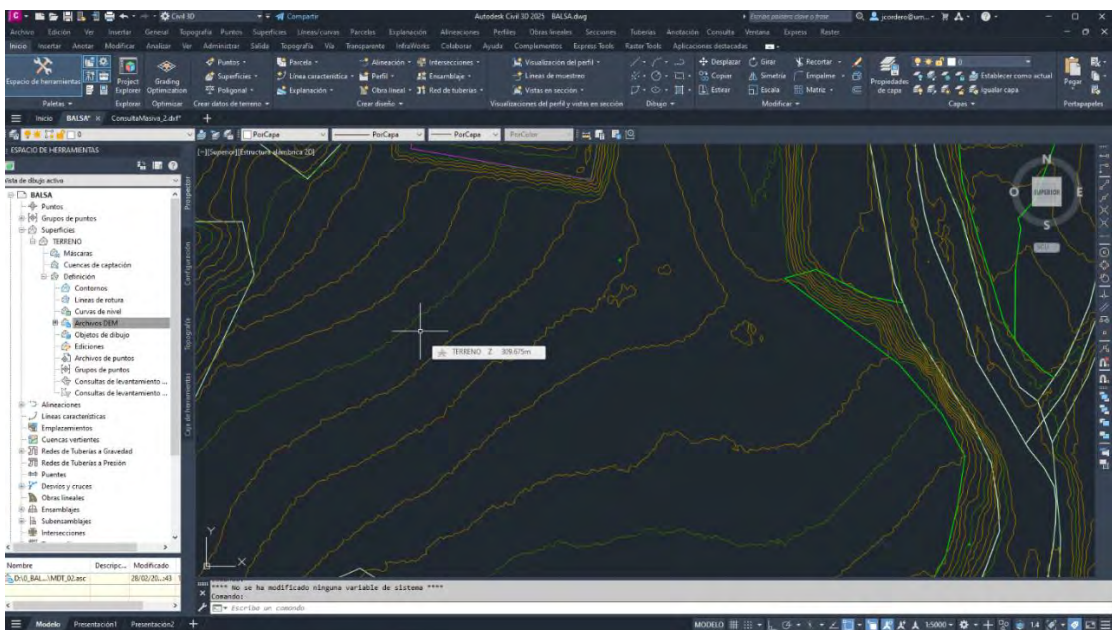
Pulsamos **Aceptar**.

Automáticamente obtenemos el modelo digital del terreno con equidistancia entre curvas de 1 metro.



Lógicamente, este procedimiento requiere archivos con estructura de rejilla o matriz, formado por filas y columnas con datos de cota (Z).

Al hacer zoom sobre una determinada zona y colocar el puntero del ratón sobre un determinado punto, la aplicación nos informa de la elevación en ese punto de la superficie.

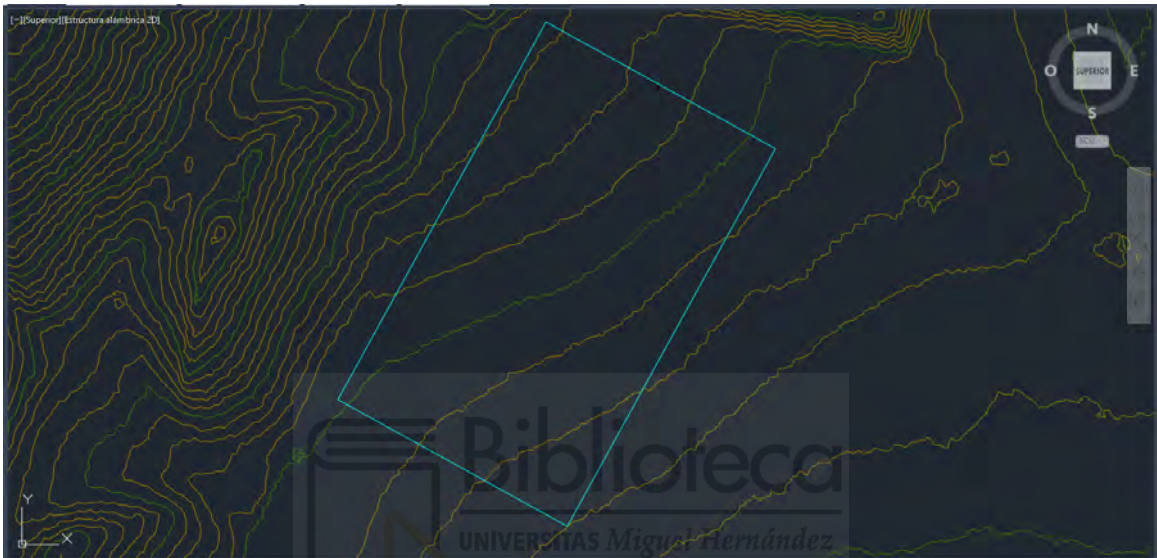


3.- Balsa con CIVIL 3D

3.1.- Polilínea 2D del pasillo interior de la balsa

Partimos de la planta del pasillo interior de la balsa formada por una polilínea 2D cerrada (*Elevación = 0*) con las dimensiones establecidas en el diseño del proyecto.

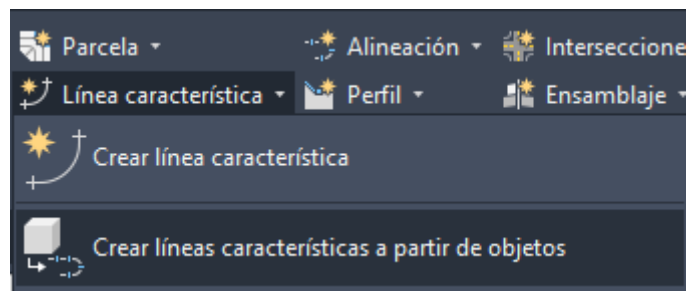
Hemos dibujado un rectángulo de dimensiones 148 m x 90 m.



3.2.- Crear línea característica

Una vez definida la polilínea 2D de la planta de la balsa, iniciamos el proceso de **Explanación**. Primero creamos una **Línea característica** a partir de la polilínea 2D de la balsa.

En la ficha **Inicio**, grupo **Crear diseño**, desplegamos el menú **Línea característica** y seleccionamos **Crear líneas características a partir de objetos**.

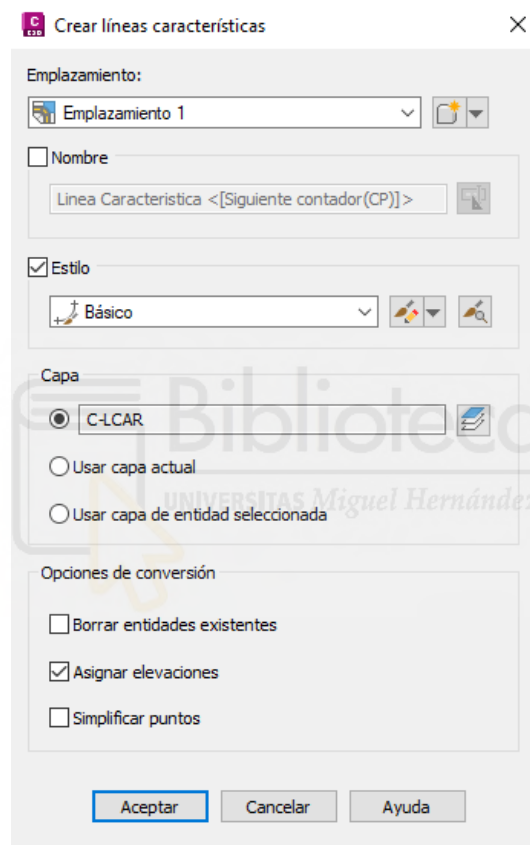


Comando: *_AeccCreateFeatureLines*

Seleccione líneas, arcos, polilíneas o polilíneas 3d que convertir en líneas características o [RefX]: seleccionamos en el dibujo la polilínea del pasillo de la balsa.

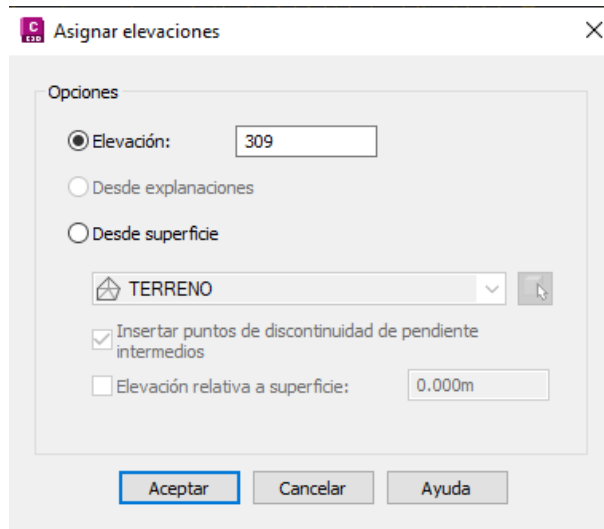
Seleccione líneas, arcos, polilíneas o polilíneas 3d que convertir en líneas características o [RefX]: 1 encontrados

En la ventana **Crear líneas características** establecemos los siguientes parámetros:



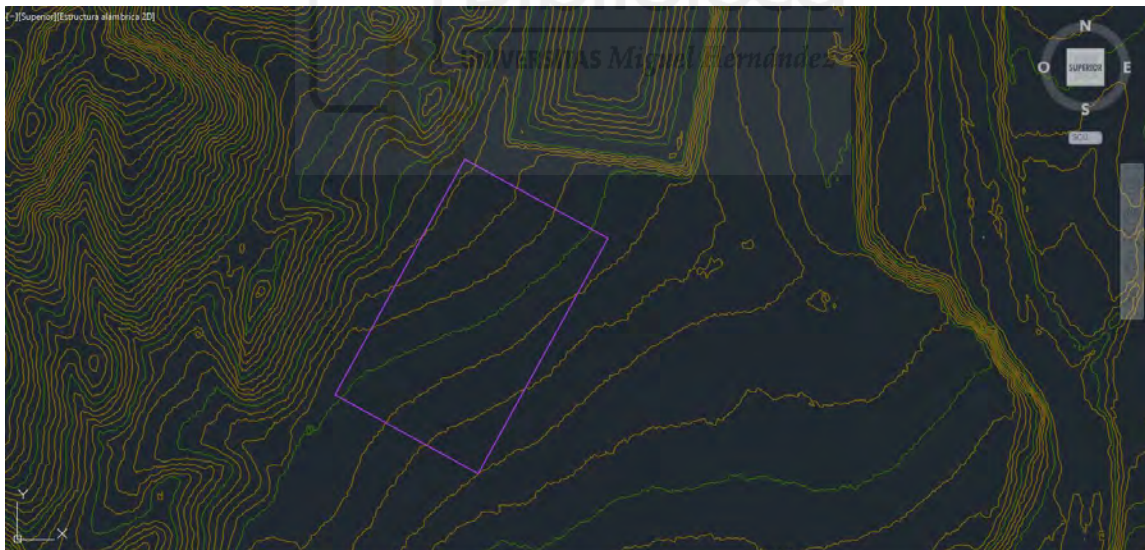
- Emplazamiento: **Emplazamiento 1** (por defecto).
- Estilo: **Básico** (por defecto).
- Desactivamos **“Borrar entidades existentes”** (opcional).
- Activamos **“Asignar elevaciones”**. Vamos a establecer una elevación inicial del pasillo sobre el terreno.

Hacemos clic en **Aceptar** y se abre la ventana de **Asignar elevaciones**.



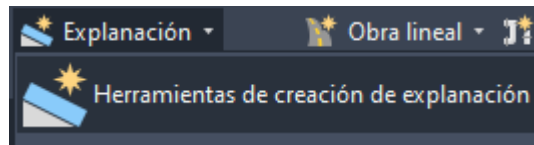
Marcamos la casilla **Elevación** y establecemos una cota = **309 m** de dato de partida, por ser la curva de nivel que atraviesa más o menos por el centro de la planta de la balsa.

Pulsamos **Aceptar**. Se crea la línea característica en la capa "C_LCAR" de color magenta.

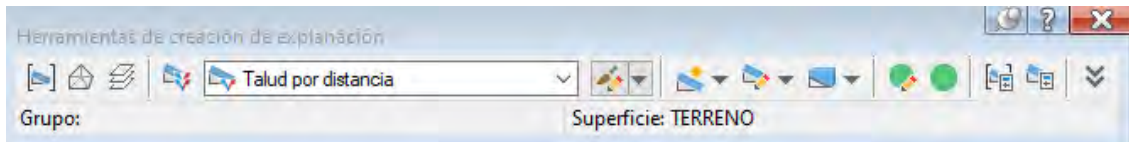


3.3.- Herramientas de explanación

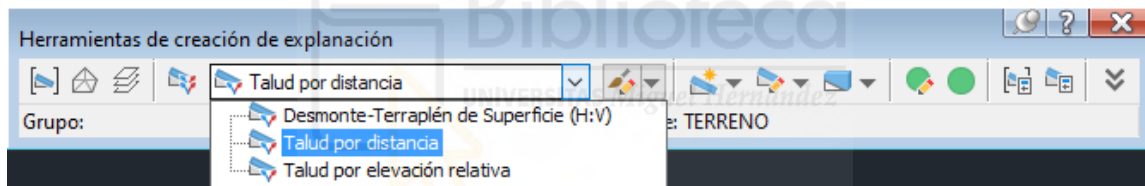
En la ficha **Inicio**, grupo **Crear diseño**, desplegamos el menú **Explanación**, y seleccionamos **Herramientas de creación de explanación**.



Se abre la ventana de **Herramientas de creación de explanación**.



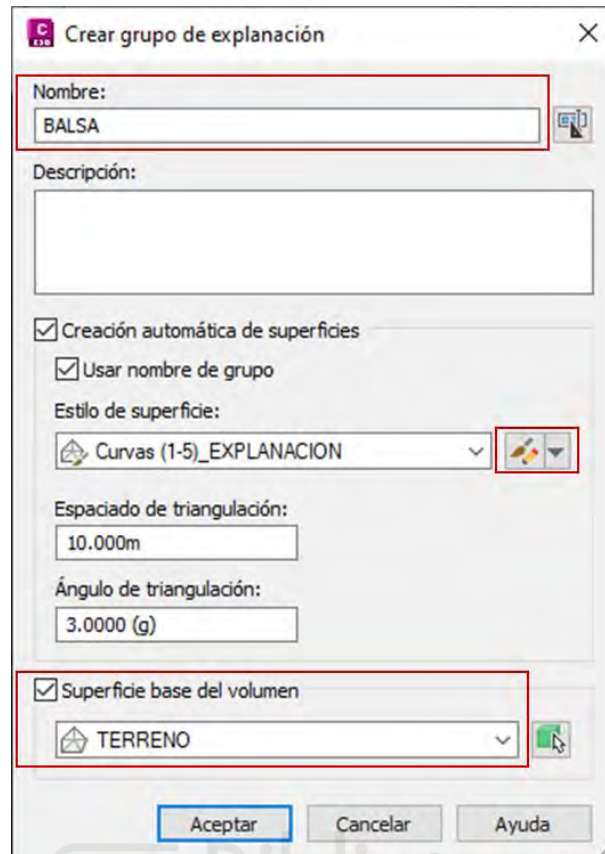
En esta ventana, aparece por defecto la superficie "TERRENO" que es la única que hemos creado por el momento en nuestro dibujo. Aquí, debemos crear el **Grupo de explanación** y aplicar los diferentes criterios de explanación para crear la superficie de la balsa.



Hacemos clic en **Establecer el grupo de explanación** para crear una nueva explanación.

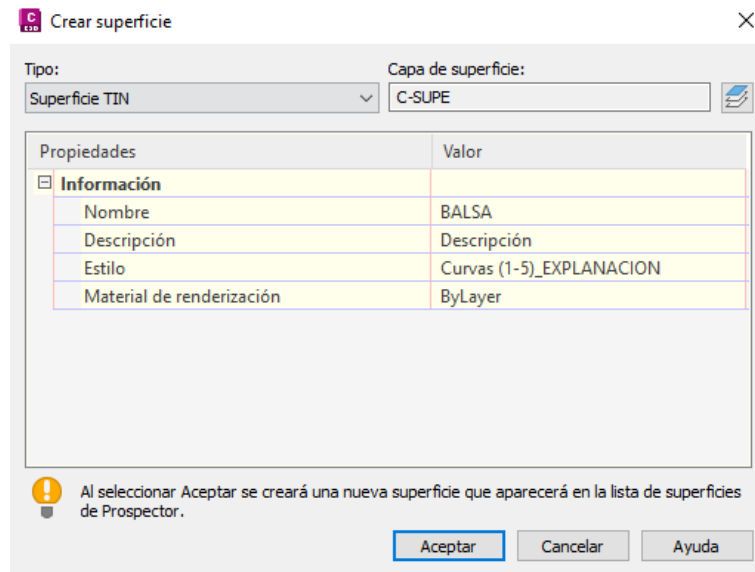


En la ventana **Crear grupo de explanación** establecemos los siguientes parámetros:



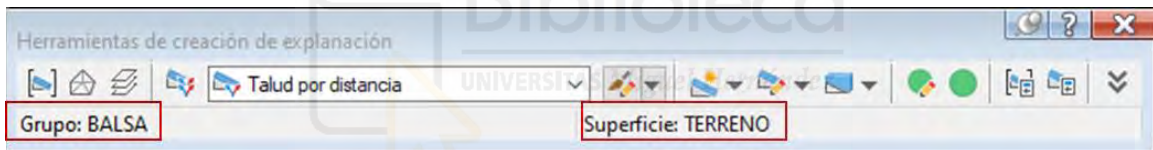
- Nombre: **"BALSA"**
- Activamos **"Creación automática de superficies"**.
- Estilo de superficie: desplegamos y seleccionamos un estilo, **"Curvas (1-5)_EXPLANACION"**.
- Activamos **"Superficie base del volumen"**.
- Seleccionamos nuestra superficie del MDT **"TERRENO"**

Al **Aceptar**, se tiene que abrir la ventana **Crear superficie** que nos informa que se va a crear una superficie TIN denominada **"BALSA"** y con un estilo **"Curvas (1-5)_EXPLANACION"**, en caso contrario, algo estamos haciendo mal:



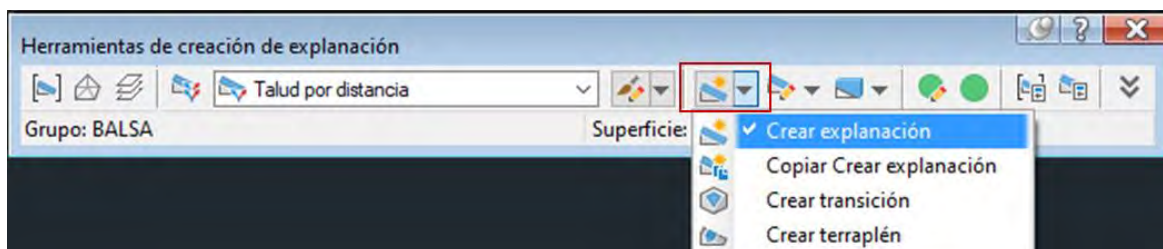
Hacemos clic en **Aceptar**.

En la ventana de **Herramientas de creación de explanación** debe aparecer el Grupo: BALSA y la Superficie: TERRENO.

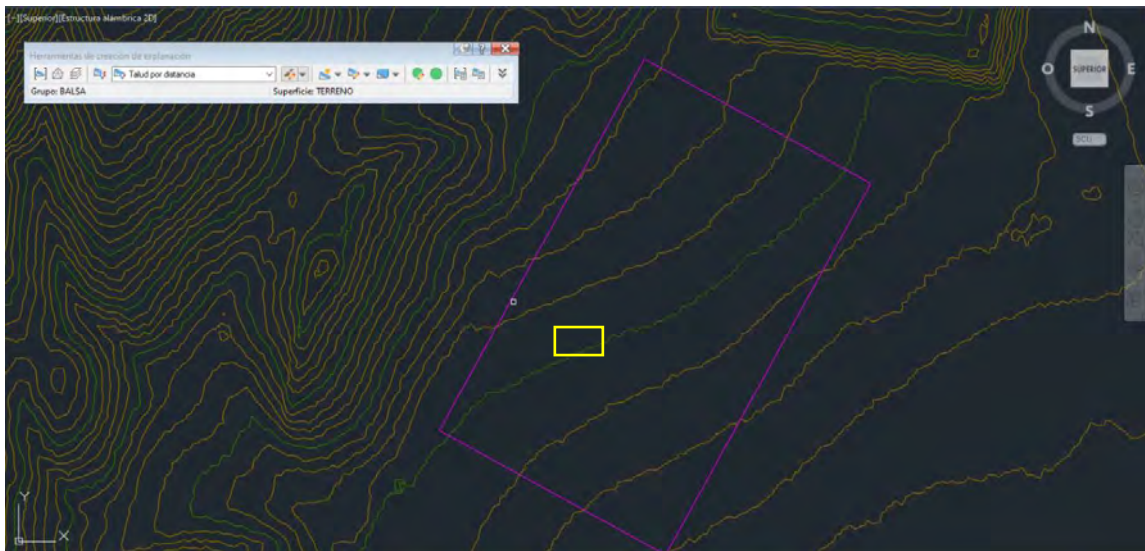


Ahora comenzamos a **Crear la explanación** estableciendo los criterios oportunos.

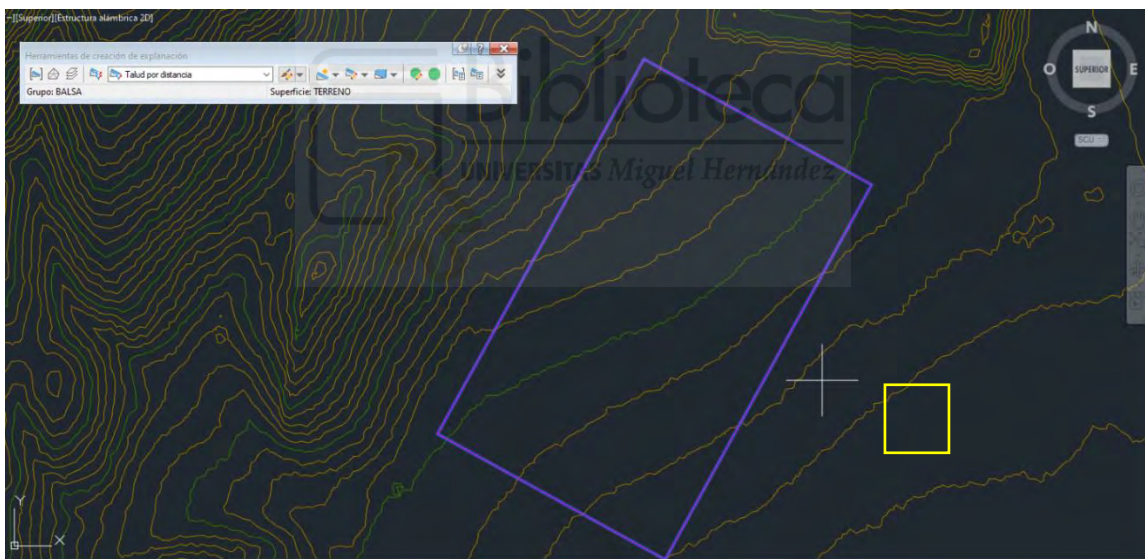
1º Criterio. Seleccionamos el criterio **Talud por distancia** para crear la explanación del pasillo de coronación de la balsa. Desplegamos el icono y seleccionamos **Crear explanación**.



Seleccione el elemento: seleccionamos la línea característica del pasillo.



Seleccione el lado de explanación: hacemos clic en el dibujo por fuera de la línea característica.




¿Aplicar a longitud completa? [Sí/No] <Sí>: pulsamos Intro.

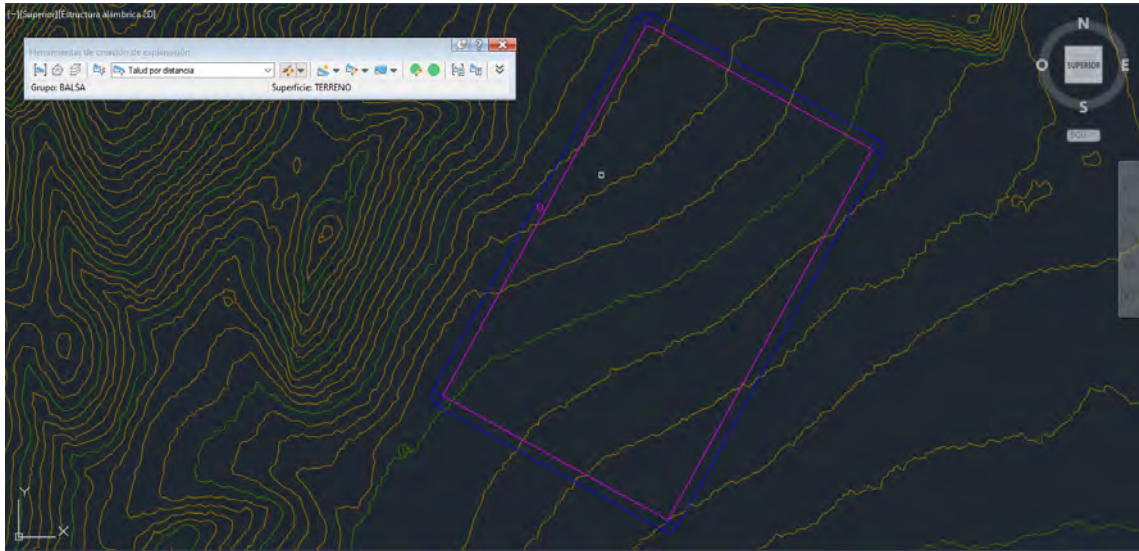
Criterios de explanación: Talud por distancia

*Especifique la distancia <2.000m>: escribimos **4***

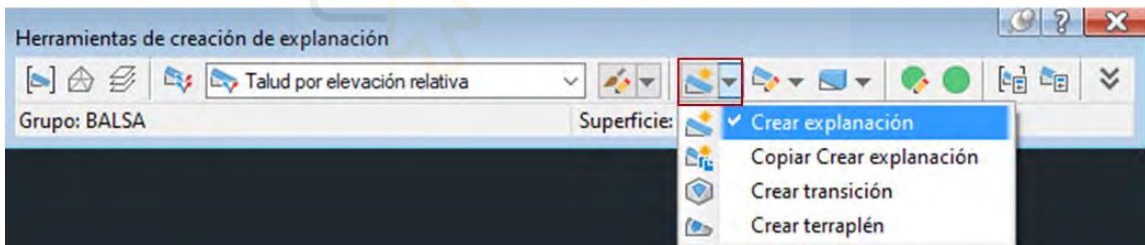
*Talud <2.0:1>: escribimos **0%***

Le hemos asignado un ancho de coronación de **4 m** con una pendiente del **0%** a todo el pasillo de coronación.

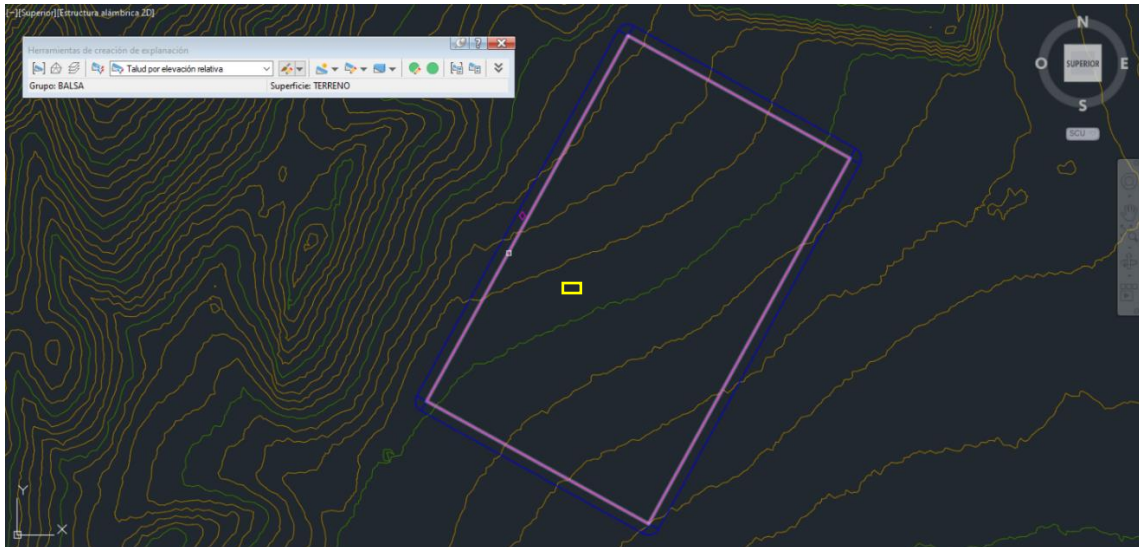
Se ha creado la explanación del pasillo de coronación de la balsa. En el dibujo aparece la marca  de la explanación creada.



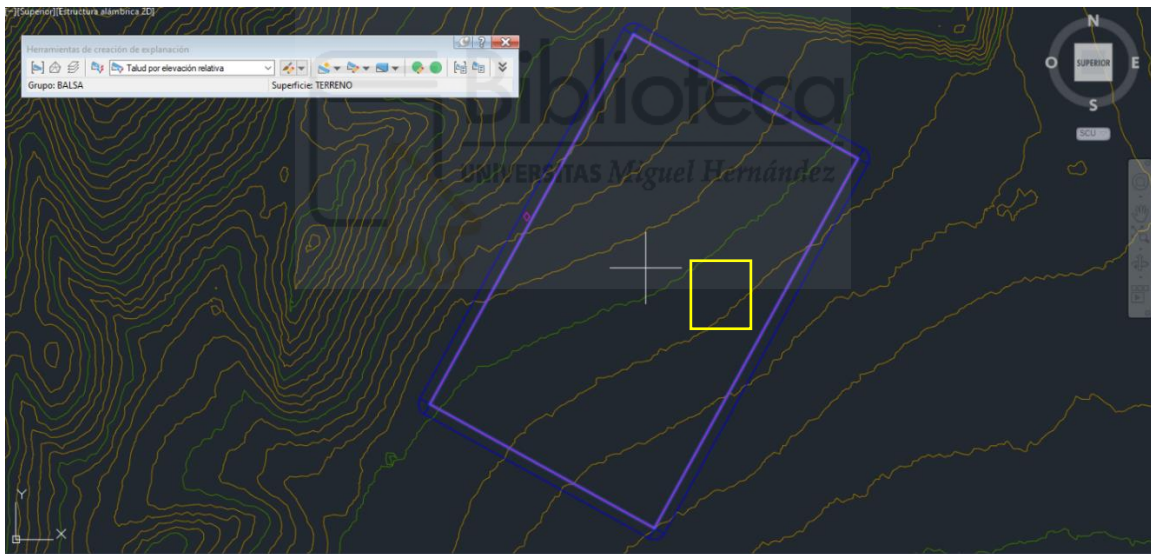
2º Criterio. Ahora seleccionamos el criterio *Talud por elevación relativa* para crear la explanación de los taludes interiores de la balsa.



Seleccione el elemento: seleccionamos la línea característica del pasillo interior.



Seleccione el lado de explanación: hacemos clic en el dibujo por dentro de la línea característica.



¿Aplicar a longitud completa? [Sí/No] <Sí>: pulsamos Intro.

Criterios de explanación: Talud por elevación relativa

Elevación relativa <1.000m>: escribimos -8

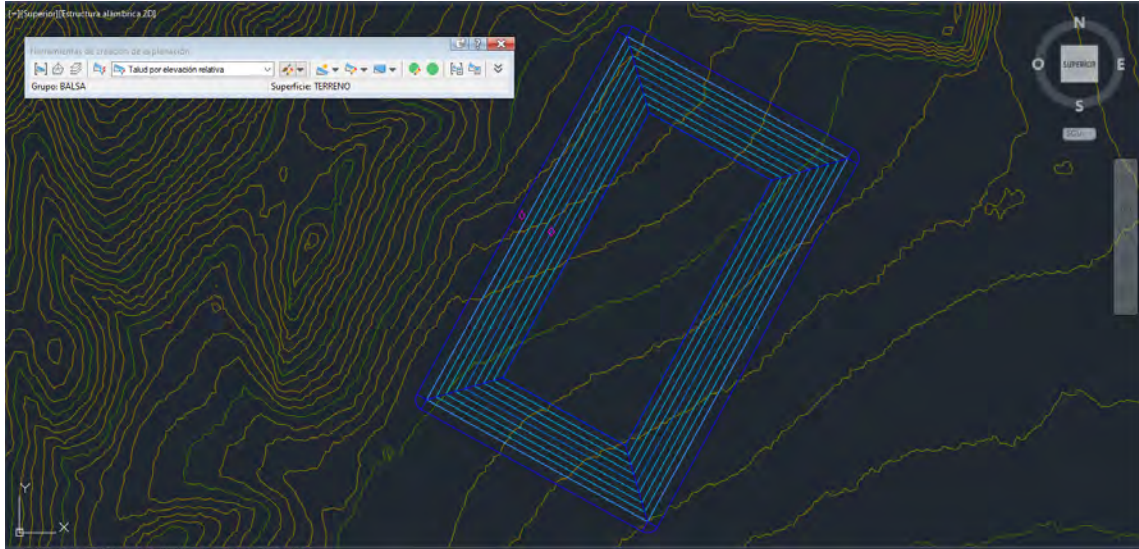
Talud <2.0:1>: escribimos 2.5:1

Le hemos asignado una profundidad de **8 m** a la balsa con unos taludes interiores **H2,5:V1**.

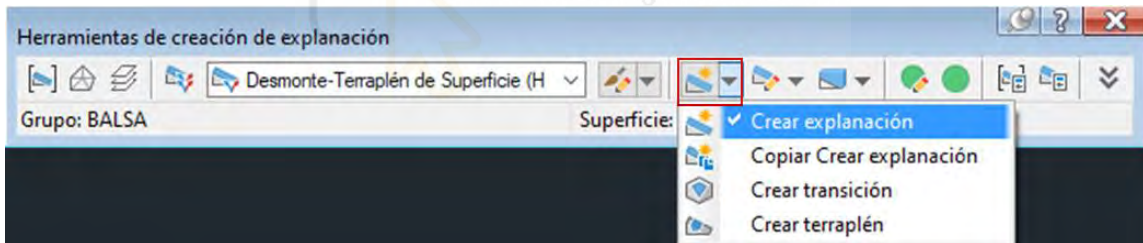
Se ha creado la explanación del talud interior de la balsa. En el dibujo aparece la marca



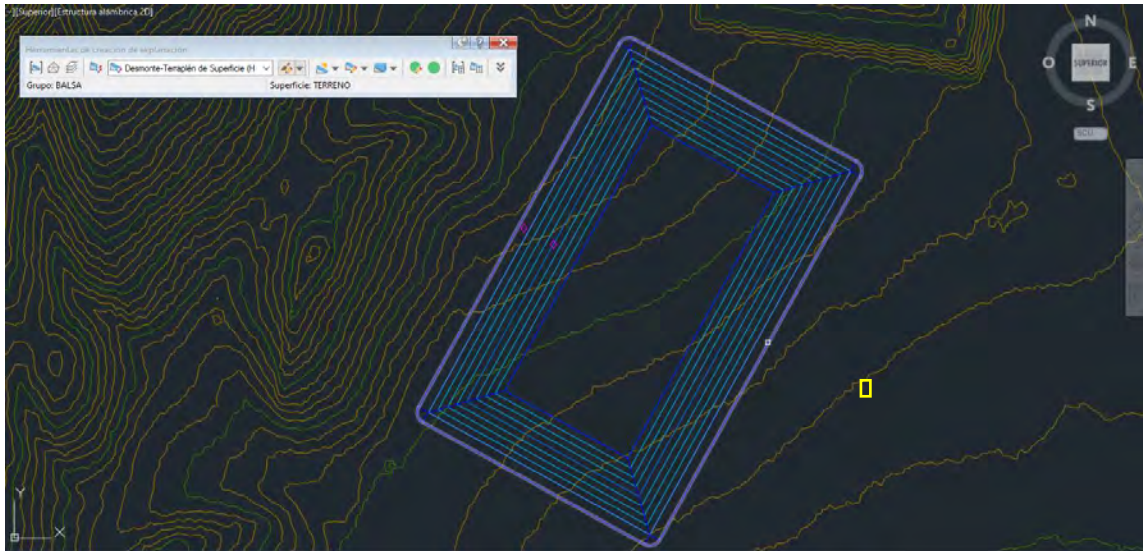
de la explanación creada.



3º Criterio. Ahora seleccionamos el criterio *Desmante-Terraplén de Superficie (H/V)* para crear la explanación de los taludes exteriores de la balsa.



Seleccione el elemento: seleccionamos la línea característica del pasillo exterior.




¿Aplicar a longitud completa? [Sí/No] <Sí>: pulsamos Intro.

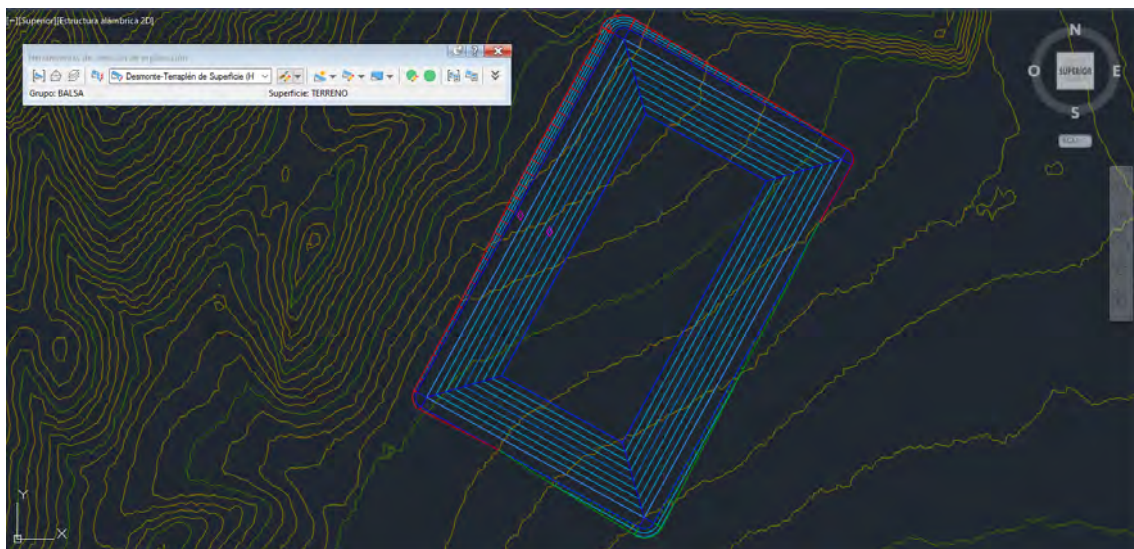
Crterios de explanación: Desmorte-Terraplén de Superficie (H:V)

*Talud en desmorte <2.0:1>: escribimos **1:1***

*Talud en terraplén <2.0:1>: escribimos **1.5:1***

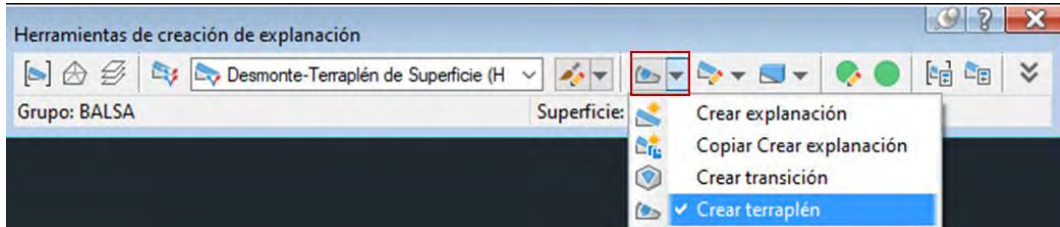
Le hemos asignado un talud en desmorte **H1:V1** y un talud en terraplén **H1,5:V1**.

Se ha creado la explanación de los taludes exteriores de la balsa. En el dibujo aparece la marca  de la explanación creada.

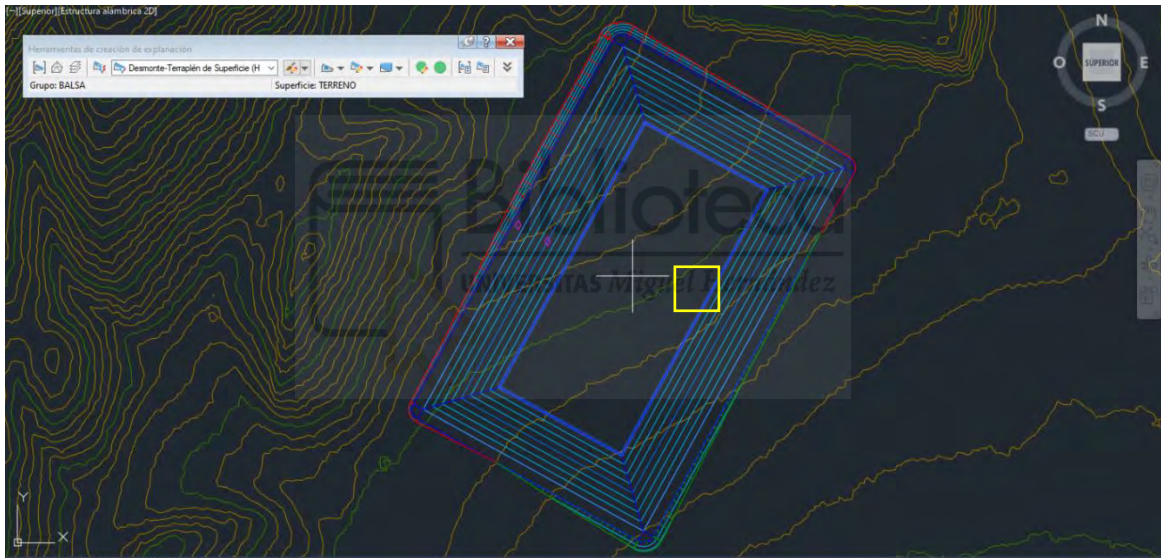



En la explanación de los taludes exteriores de la balsa se identifica en **color verde** el pie del talud exterior en terraplén y en **color rojo** la cabeza del talud en desmorte.

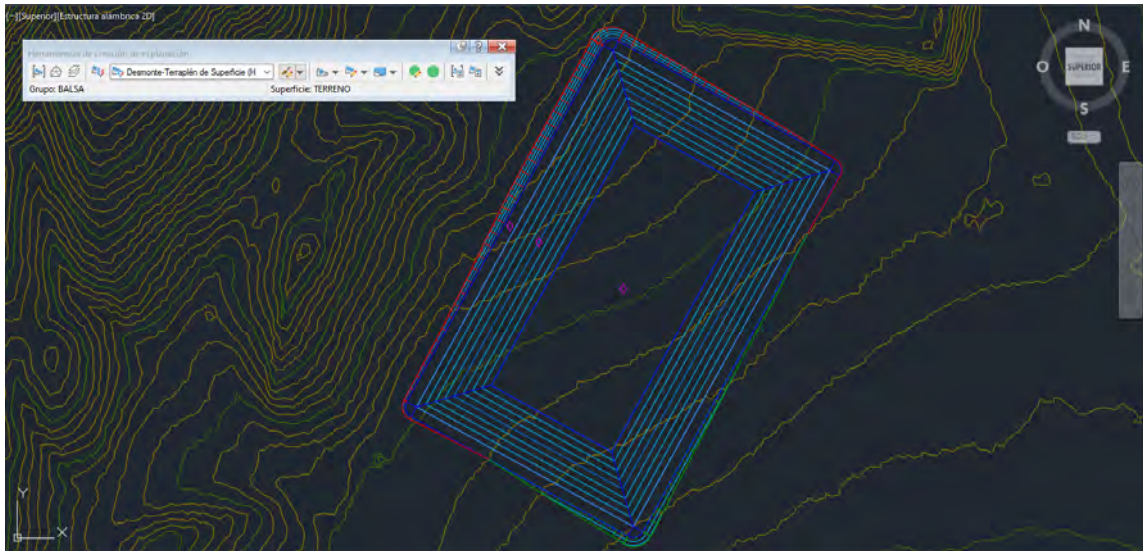
4º Criterio. Por último y MUY IMPORTANTE (porque si no, vamos a obtener unos datos de volumen de tierras erróneos) con el criterio **Desmonte-Terraplén de Superficie (H/V)** seleccionado, desplegamos y seleccionamos **Crear terraplén**.



Seleccione un área para crear un terraplén: pinchamos, en el dibujo, en el fondo de la balsa.



Se ha creado la explanación del fondo de la balsa. En el dibujo aparece la marca  de la explanación creada.



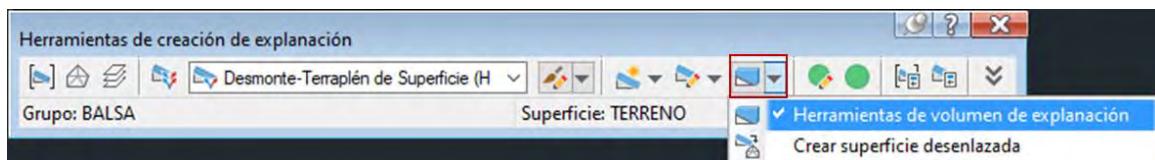
De esta forma tenemos terminada la explanación de la balsa, ubicada en el **Emplazamiento 1** con una superficie nueva creada, denominada **BALSA**.

A partir de aquí podremos obtener todos los parámetros necesarios de la balsa, empezando por obtener la cota final del pasillo de coronación para equilibrar el volumen de desmonte y terraplén de la explanación realizada.

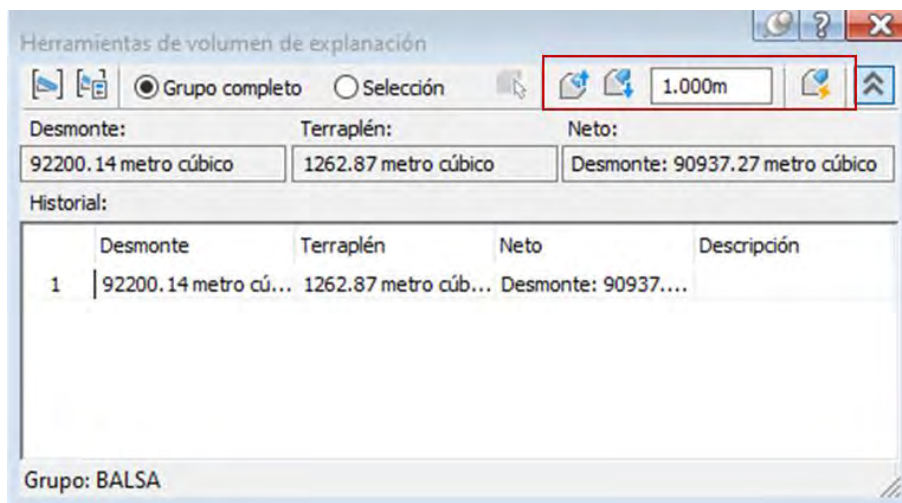


3.4.- Volumen de explanación

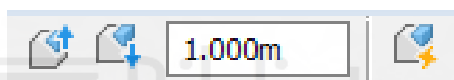
Una vez que hemos creado la explanación total de la balsa, vamos a calcular los volúmenes de desmonte y terraplén. En la ventana de **Herramientas de creación de explanación**, seleccionamos **Herramientas de volumen de explanación**.






Al seleccionar la herramienta la aplicación comienza a realizar los cálculos. Una vez finalizados, en la ventana de **Herramientas de volumen de explanación** aparecen los datos de volumen de Desmonte y volumen de Terraplén y el dato de volumen Neto diferencia entre desmonte y terraplén.



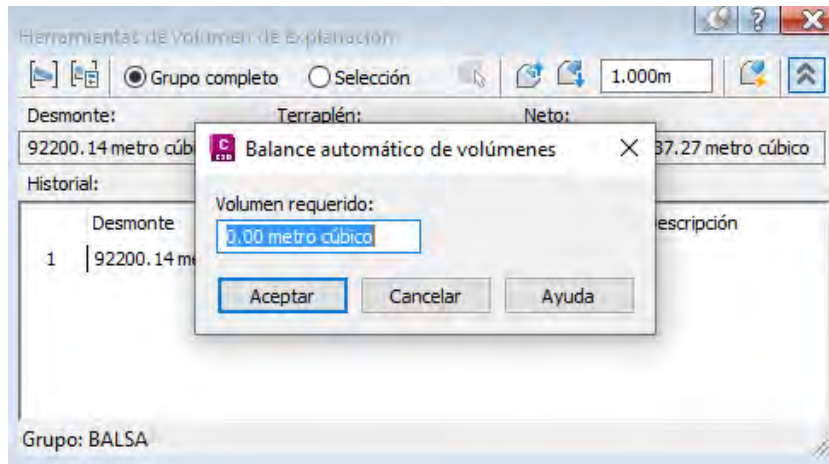
En este caso hay un exceso de volumen de desmorte de unos 91.000 m³, es decir, sobra bastante tierra, por lo que será necesario elevar la explanación para aumentar el volumen de terraplén y disminuir el volumen de desmorte.



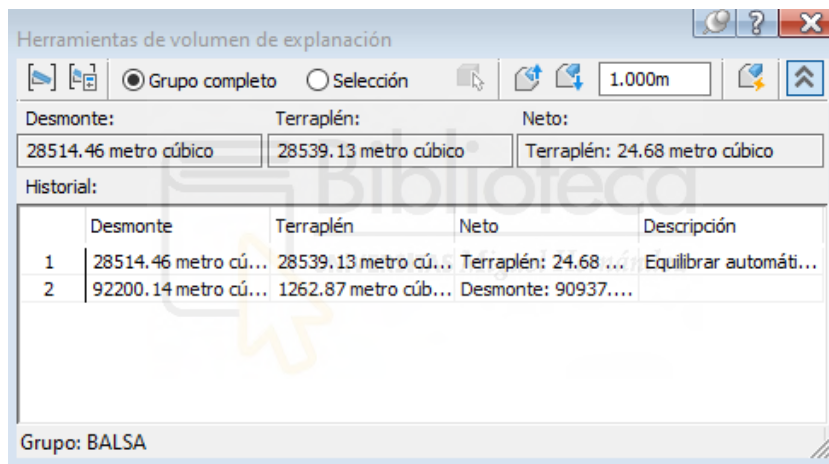
En la ventana señalada podemos subir  o bajar  la explanación de la balsa una distancia determinada con el objeto de modificar los volúmenes de tierra a discreción.

O podemos seleccionar el icono  para establecer un volumen neto requerido, que puede ser **cero** para igualar desmorte y terraplén, **valor positivo** para que el terraplén sea superior al desmorte o **valor negativo** para que el desmorte sea superior al terraplén.

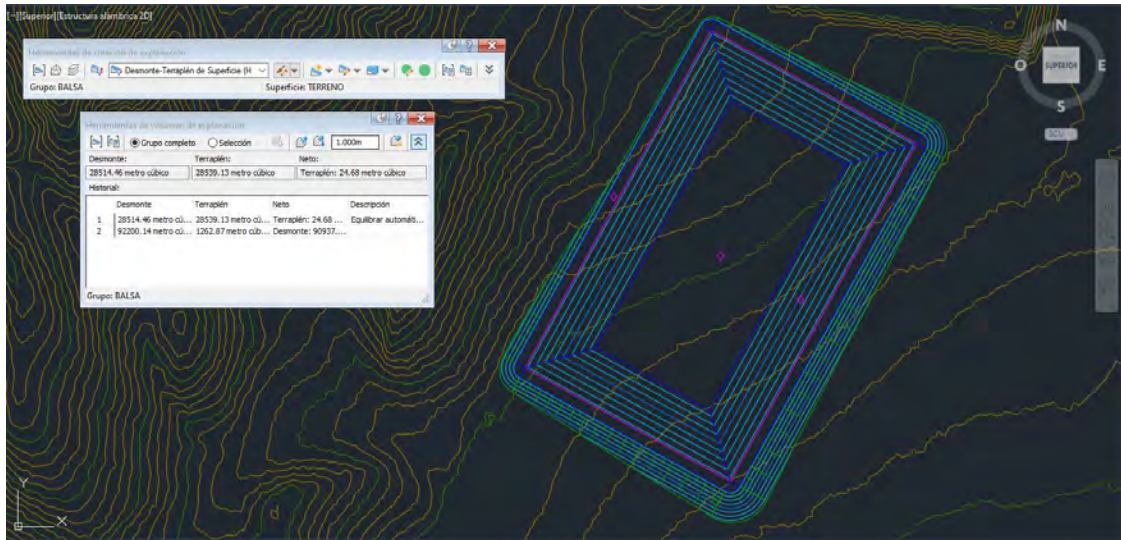
En cada modificación de la explanación, en la línea de comando nos indica si la línea característica se ha elevado o ha bajado una distancia determinada para obtener el volumen neto requerido.



Dejando el valor cero por defecto y haciendo clic en **Aceptar**, la aplicación vuelve a recalcular y los volúmenes se igualan.



La aplicación nos informa en la línea de Comando cuánto se baja o se eleva la línea característica, que representa el borde de coronación de la balsa.

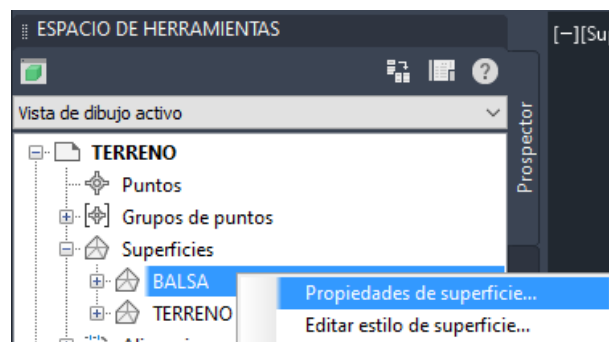


Líneas características elevadas 5.295m

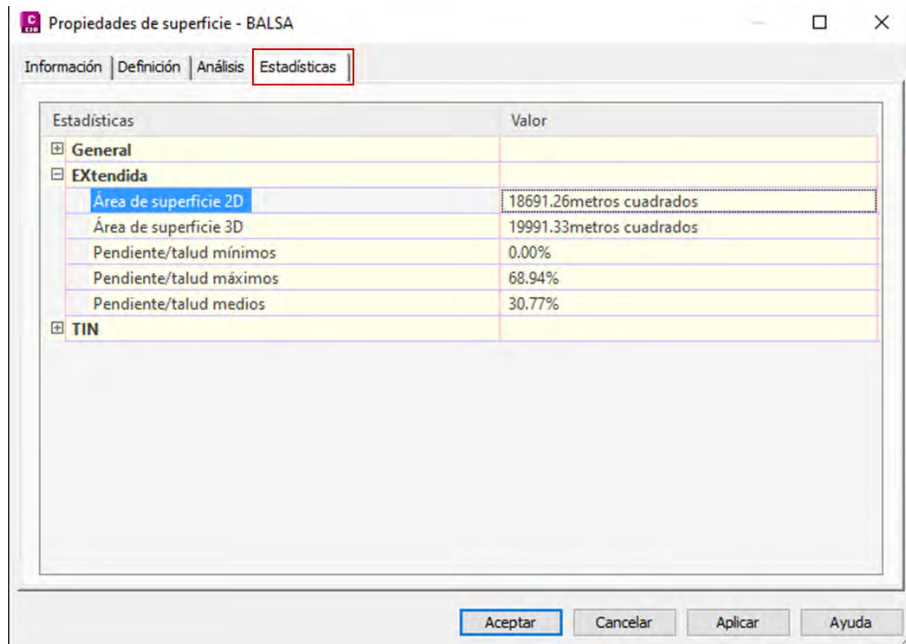
Podemos realizar esta operación de subir o bajar la explanación o establecer un volumen neto requerido cuantas veces necesitemos, apareciendo en la ventana inferior los valores de cada una de las tentativas realizadas.

Una vez igualados los volúmenes de desmonte y terraplén es el momento de tener en cuenta el volumen de desbroce que no se utilizará en el movimiento de tierras de la balsa. Aunque se podría calcular a partir del pie del talud exterior de la balsa, esta polilínea es 3D y no proporciona un valor de área, salvo que se descomponga en líneas y se editen su cota Z en 0.

Lo más rápido es seleccionar la superficie creada **BALSA** en el **Espacio de Herramientas** y pulsando el botón derecho del ratón seleccionamos en el menú desplegable **Propiedades de superficie...**



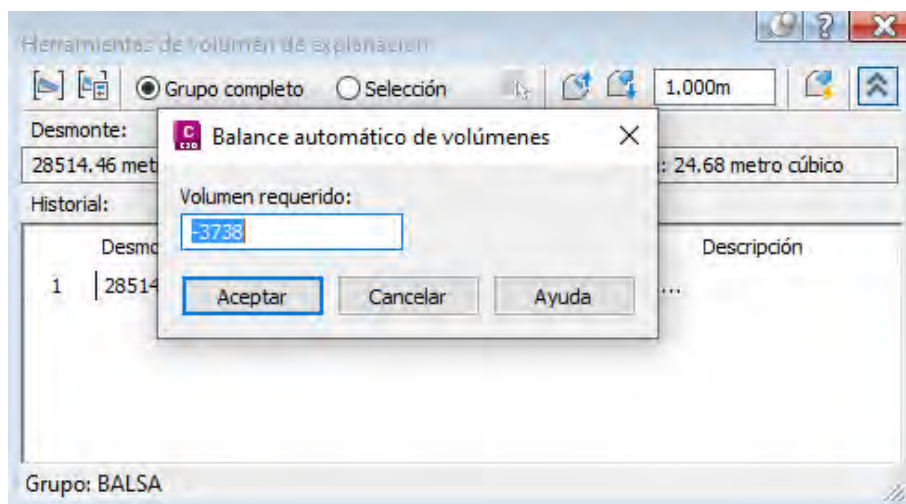
En la ventana de Propiedades de superficie, seleccionamos la pestaña **Estadísticas** y expandimos el parámetro **+Extendida**. Aquí encontramos el parámetro **Área de superficie 2D** que nos proporciona el área total ocupada por la balsa: **18.691 m²**.



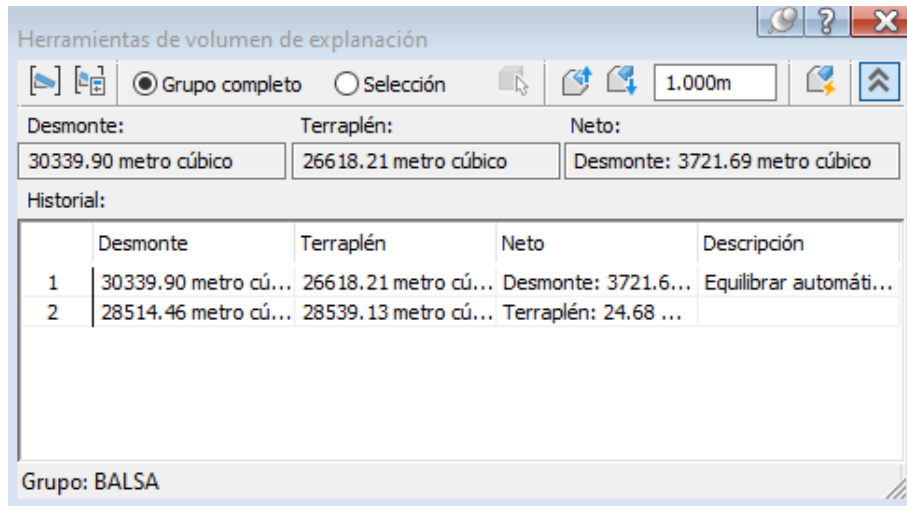
Por tanto, si consideramos una profundidad de desbroce de unos **20 cm**, tendremos:

$$\text{Volumen de desbroce: } 18.691 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m} = 3.738 \text{ m}^3$$

Se trata de un volumen de tierra que no vamos a poder utilizar, por lo que el volumen neto requerido será de: **-3738** (volumen que debemos sumar al volumen de desmonte para compensar el volumen de terraplén).

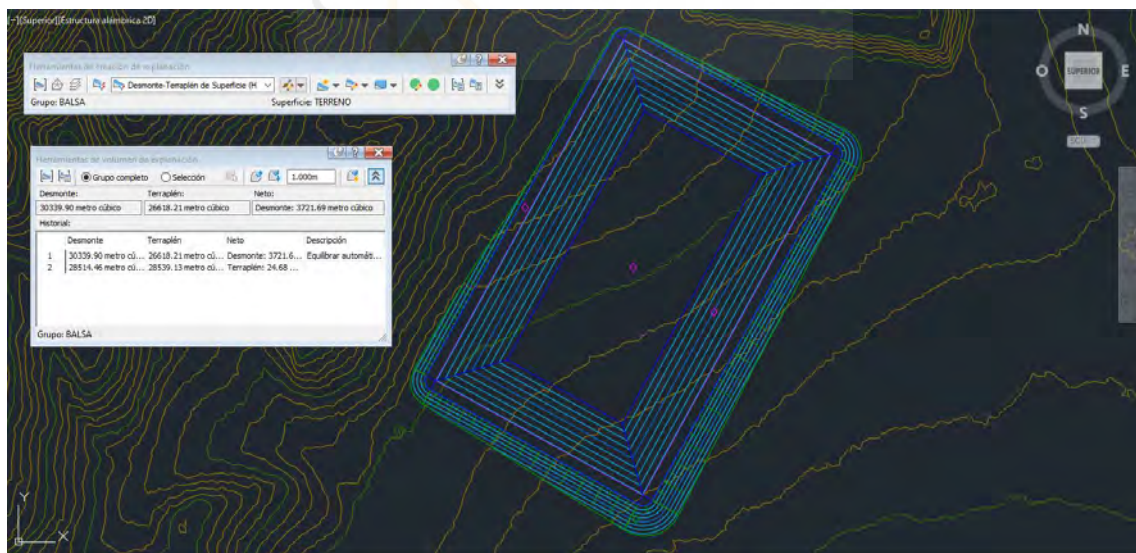


Al **Aceptar** y recalcular nos aparecen los datos definitivos del volumen de tierras para ejecutar la balsa, teniendo en cuenta el volumen de desbroce, pero sin tener en cuenta el coeficiente de esponjamiento (que aumentará el volumen de desmonte) ni el coeficiente de compactación.



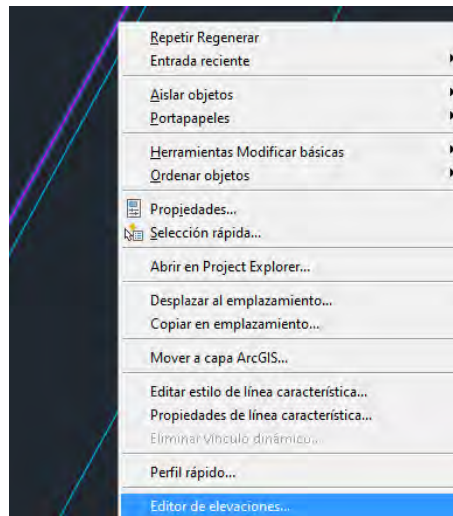
Volumen de Desmonte:	30.344 m ³
Volumen de Terraplén	26.618 m ³
Volumen Neto:	+3.273 m ²

La aplicación nos informa en la línea de **Comando** cuánto se baja la línea característica, que representa el borde de coronación de la balsa.



Líneas características bajadas 0.201m

Si seleccionamos la **Línea característica** del borde interior del pasillo de coronación y pulsando el botón derecho del ratón, en el menú desplegable seleccionamos **Editor de elevaciones...**



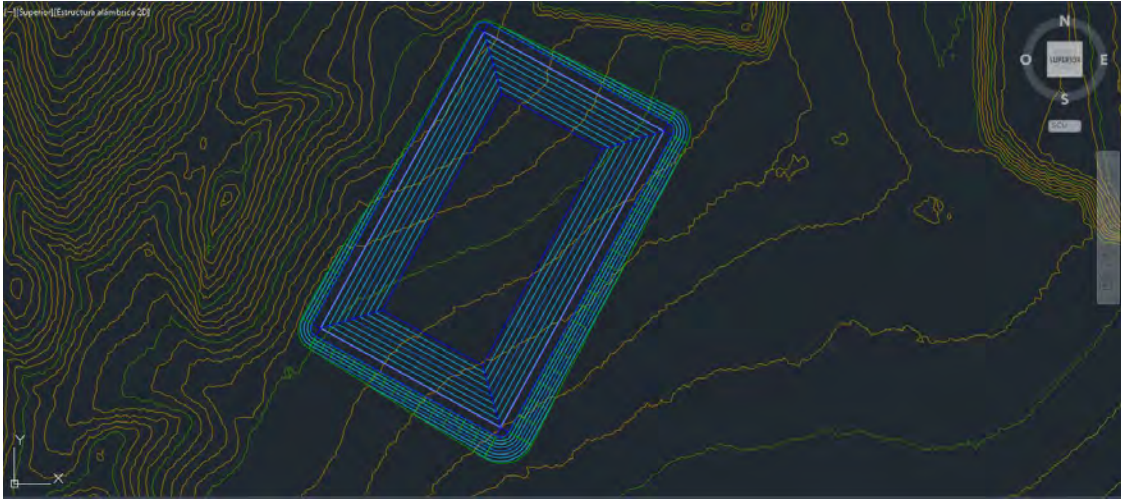
Se abre la ventana de donde podemos ver la cota final a la que ha quedado el pasillo de coronación

 A screenshot of a software window showing a table with the following data:

P.K.	Elevación (real)	Longitud	Pendiente hacia atrás	Pendiente hacia delante
0+000.00	314.094m	148.000m		0.00%
0+148.00	314.094m	90.000m	0.00%	0.00%
0+238.00	314.094m	148.000m	0.00%	0.00%
0+386.00	314.094m	90.000m	0.00%	0.00%
0+476.00	314.094m		0.00%	

Hemos partido de una cota del pasillo de coronación de la balsa de 309 m y finalmente se ha ajustado la cota final del pasillo de coronación en **314,094 m**.

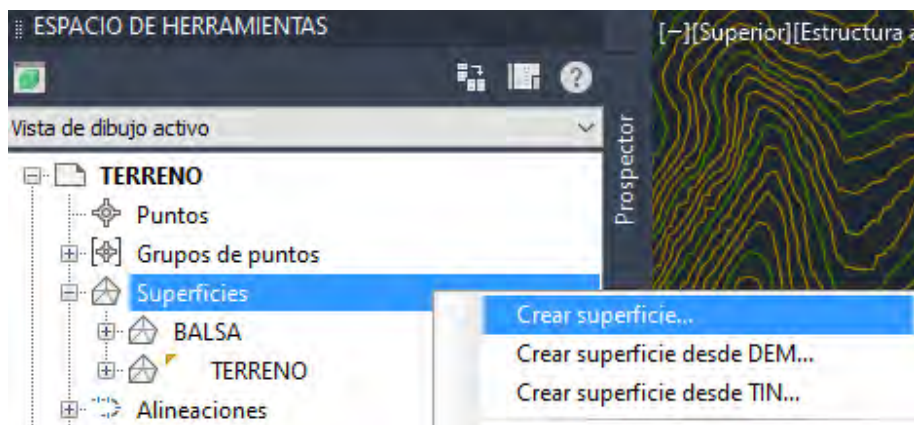
Tenemos ya el diseño final de la balsa sobre Civil 3D y a partir de aquí, podemos obtener más información que completarán los parámetros geométricos y de diseño de la balsa y que se verán en diferentes Anexos de este Trabajo Fin de Grado.



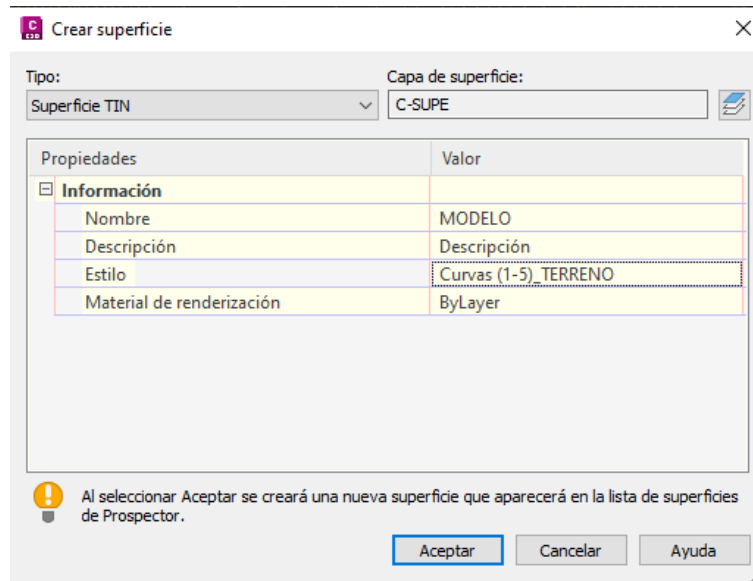
3.5.- Superficie final del modelo (terreno con balsa)

Una vez que tenemos la superficie Balsa totalmente ajustada, podemos obtener la superficie del Modelo Digital del Terreno final, es decir, cómo quedaría el terreno, una vez ejecutada la balsa.

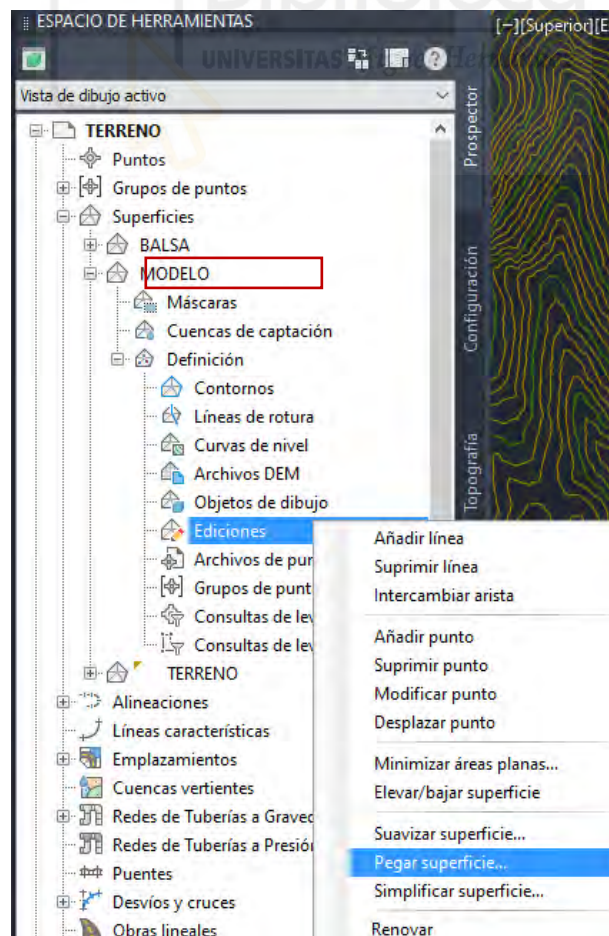
En la ficha **Prospector** del **Espacio de herramientas**, pinchamos en **Superficies** y haciendo clic con el botón derecho del ratón seleccionamos **Crear superficie**.



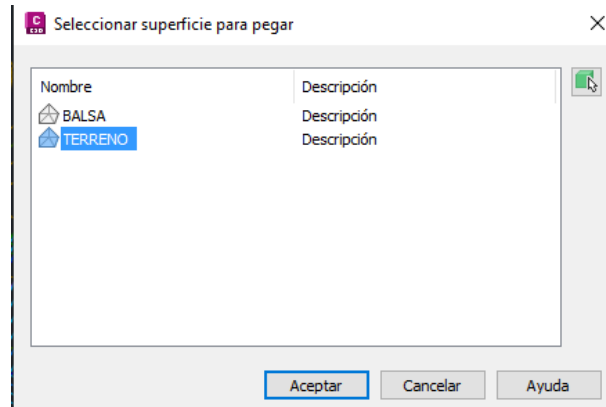
Vamos a crear una superficie TIN, denominada **MODELO**, con estilo **Curvas(1-5)_TERRENO**.



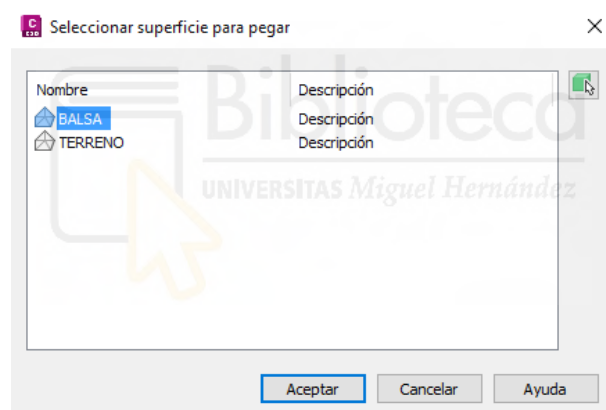
De nuevo, en la ficha **Prospector** del **Espacio de herramientas**, desplegamos **+Superficies**, desplegamos **+MODELO**, desplegamos **+Definición** y seleccionamos **Ediciones**. Y haciendo clic con el botón derecho del ratón seleccionamos **Pegar superficie...**



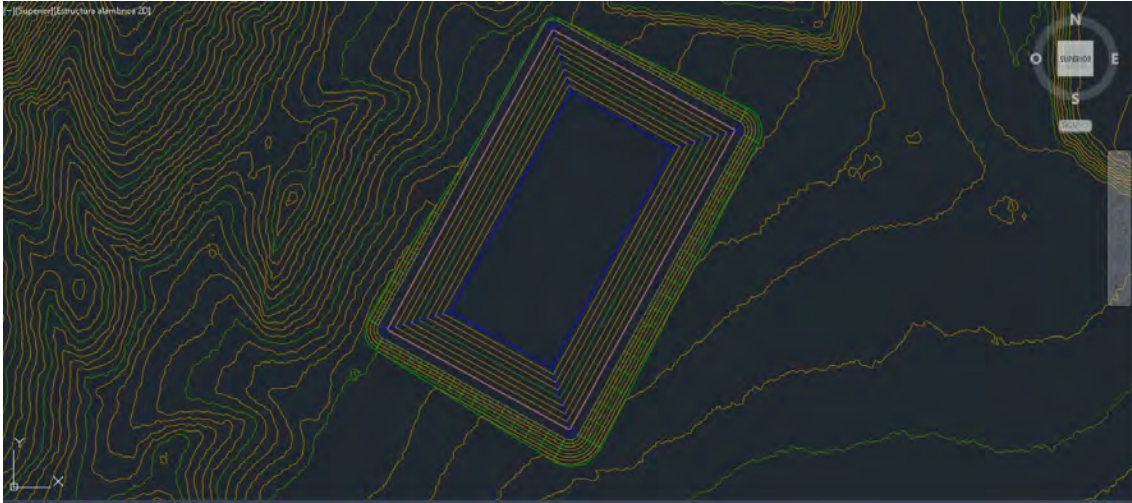
En la ventana de selección de superficies a pegar, seleccionamos **TERRENO**.



Repetimos el paso de Ediciones y en la ventana de selección de superficies a pegar, seleccionamos ahora **BALSA**.

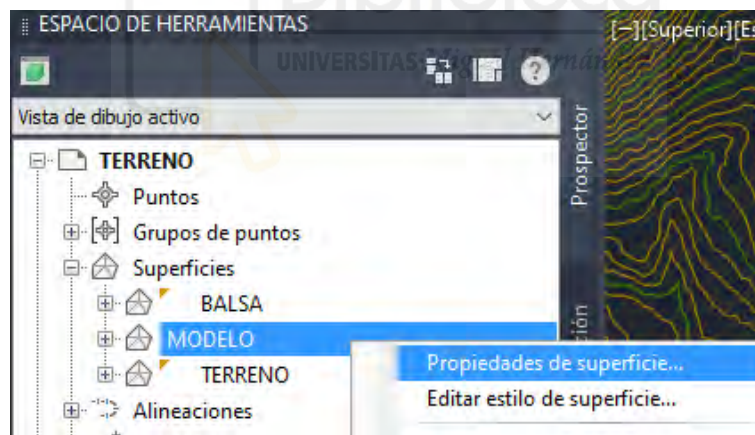



Se ha creado una superficie nueva denominada **MODELO** como intersección entre la superficie **TERRENO** y la superficie **BALSA**. Si establecemos un estilo de superficie Invisible a las superficies **TERRENO** y **BALSA**, nos queda la Superficie **MODELO** que representa el Modelo Digital del Terreno una vez realizada la obra de ejecución de la balsa diseñada.

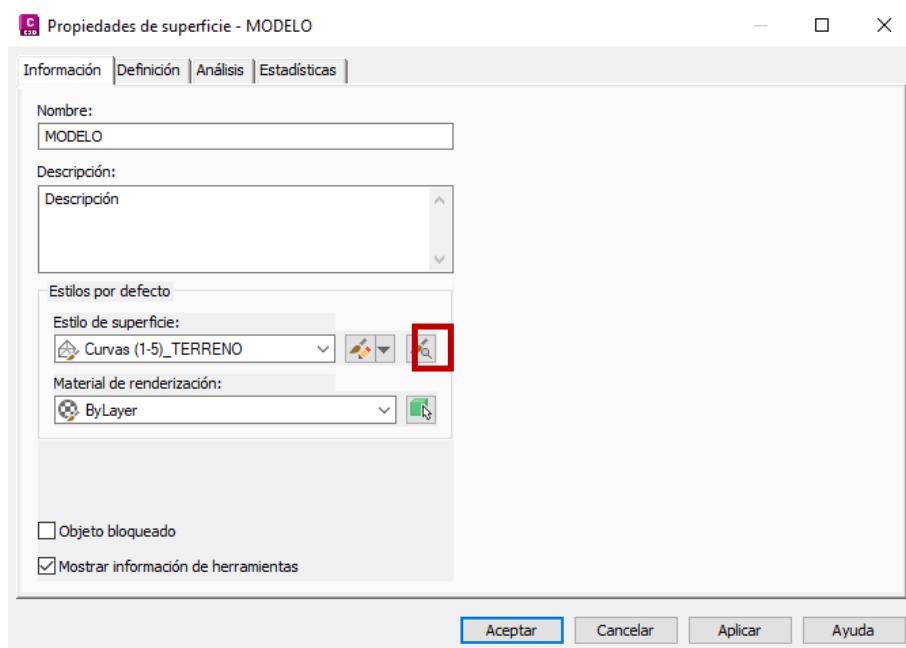


Por último, podemos realizar una visualización 3D del Modelo Digital del Terreno final, que nos mostrará como se vería el terreno, una vez ejecutada la obra de la balsa.

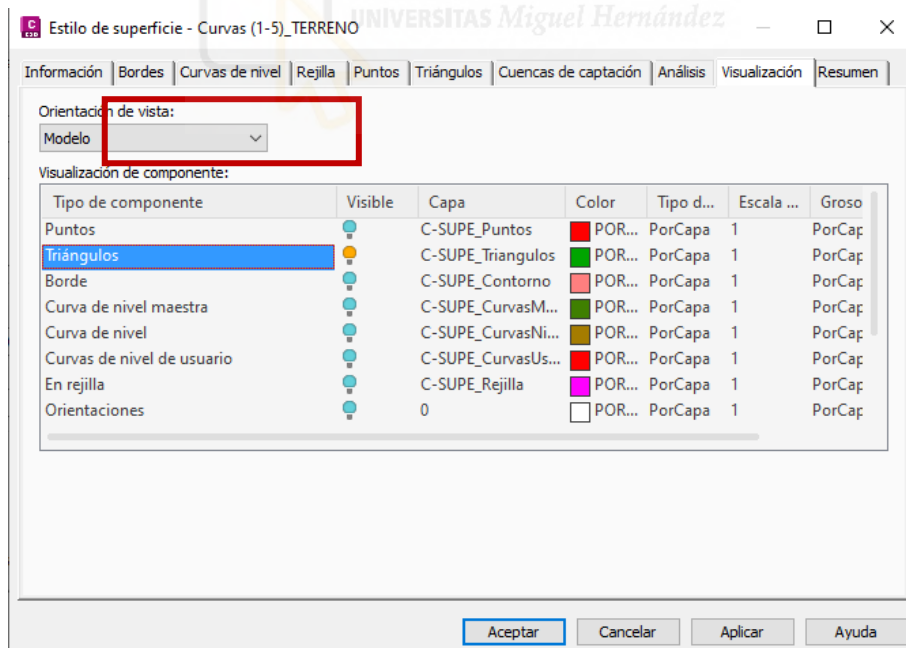
En la ficha **Prospector** del **Espacio de herramientas**, desplegamos **+Superficies**, seleccionamos la superficie **+MODELO**, y haciendo clic con el botón derecho del ratón seleccionamos en el menú desplegable **Propiedades de superficie...**



En la ventana de **Propiedades de superficie**, hacemos clic en el botón  **Editar selección actual** en la ventana de **Estilo de superficie**.

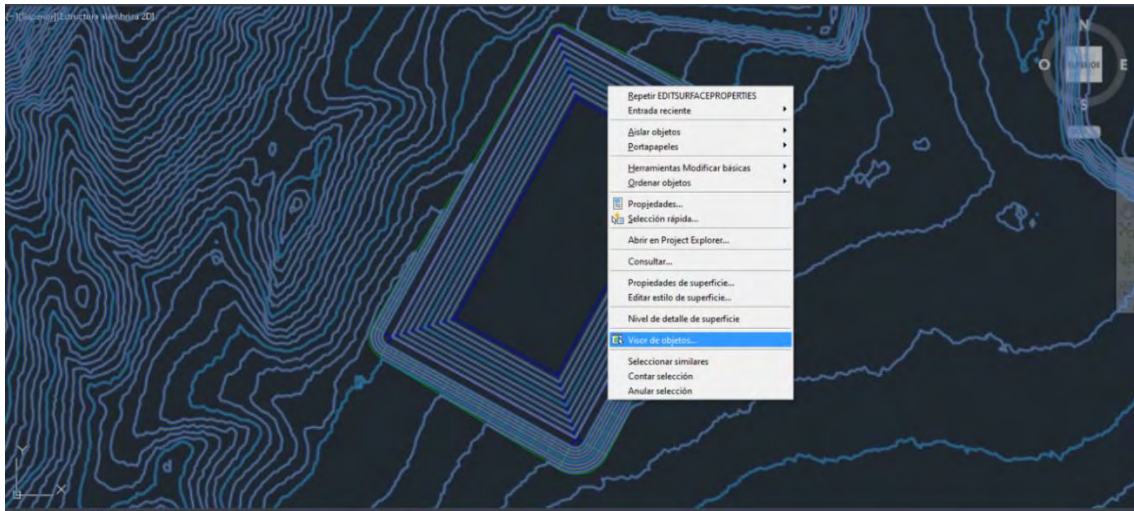


En la pestaña de **Visualización** seleccionamos **Modelo** en la ventana de **Orientación de Vista** y dejamos solo visible la componente “Triángulos”.

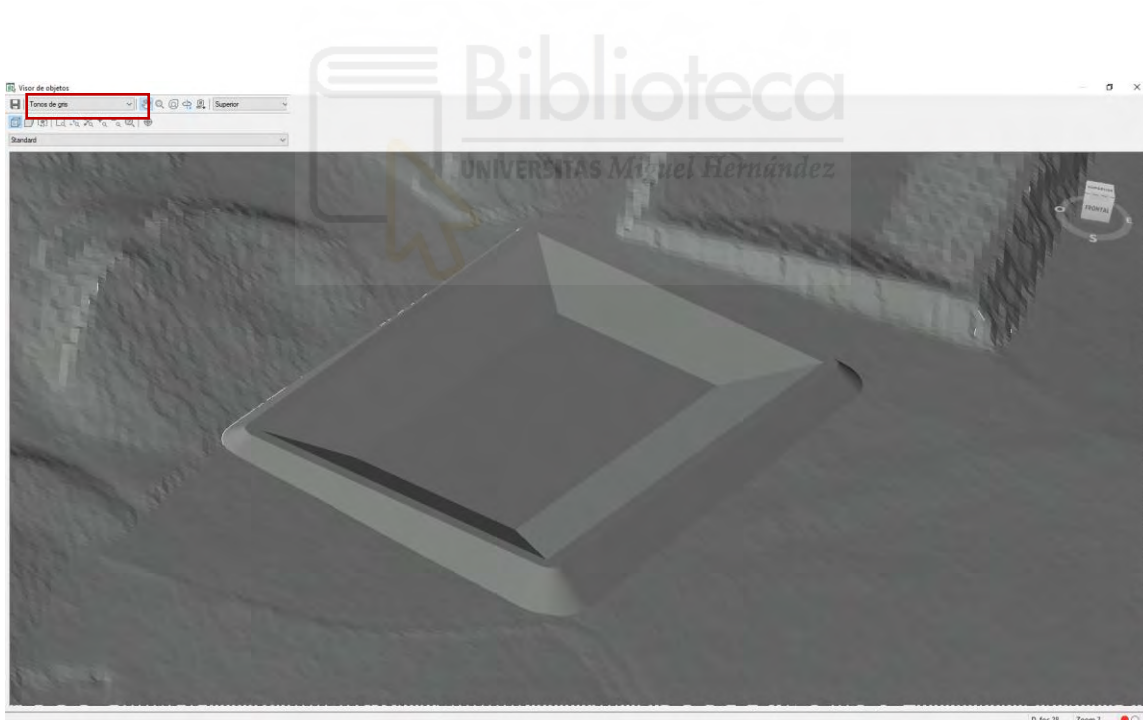


Hacemos clic en **Aceptar**.

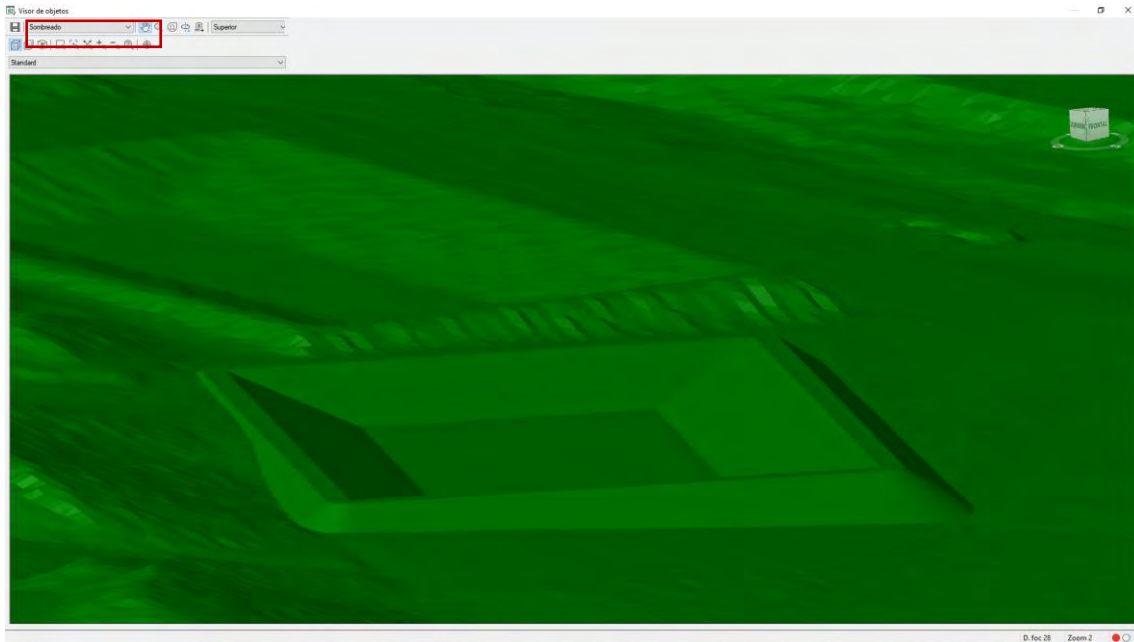
Ahora, seleccionando la superficie (**MODELO**) en pantalla y haciendo clic con el botón derecho del ratón, seleccionamos **Visor de objetos**.



Se abre la ventana de **Visor de objetos** donde podemos realizar una visualización 3D del MDT utilizando el ratón para obtener una perspectiva adecuada y elegir diferentes Estilos visuales en la vista preliminar del Visor de objetos.



Vista preliminar con estilo Tono de gris.



Vista preliminar con estilo Sombreado.



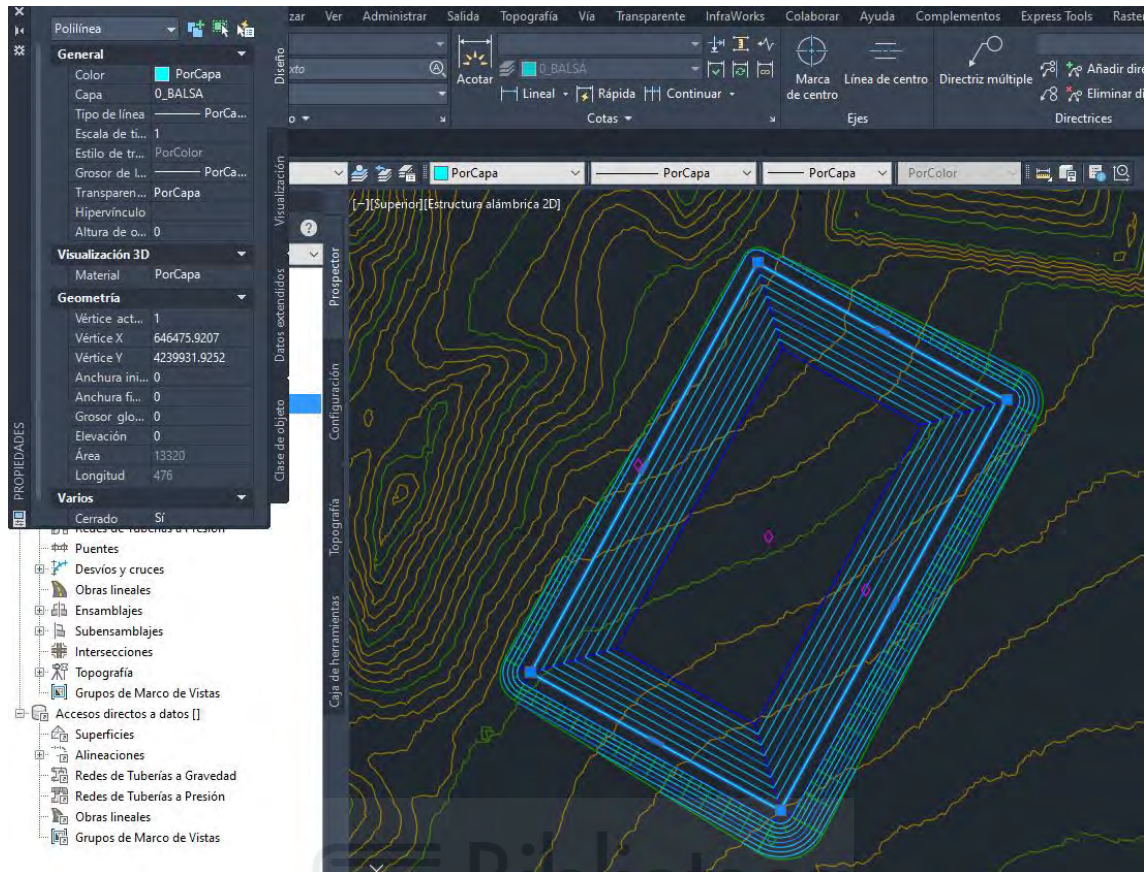
4.- VOLUMEN DEL AGUA DE LA Balsa CON CIVIL 3D

4.1.- Introducción

La aplicación Civil 3D nos permite calcular el volumen total de almacenamiento de la balsa diseñada. Para ello, es necesario contar con la polilínea 2D que forma el borde del pasillo interior pero elevada a la cota final de diseño (314,094 m).

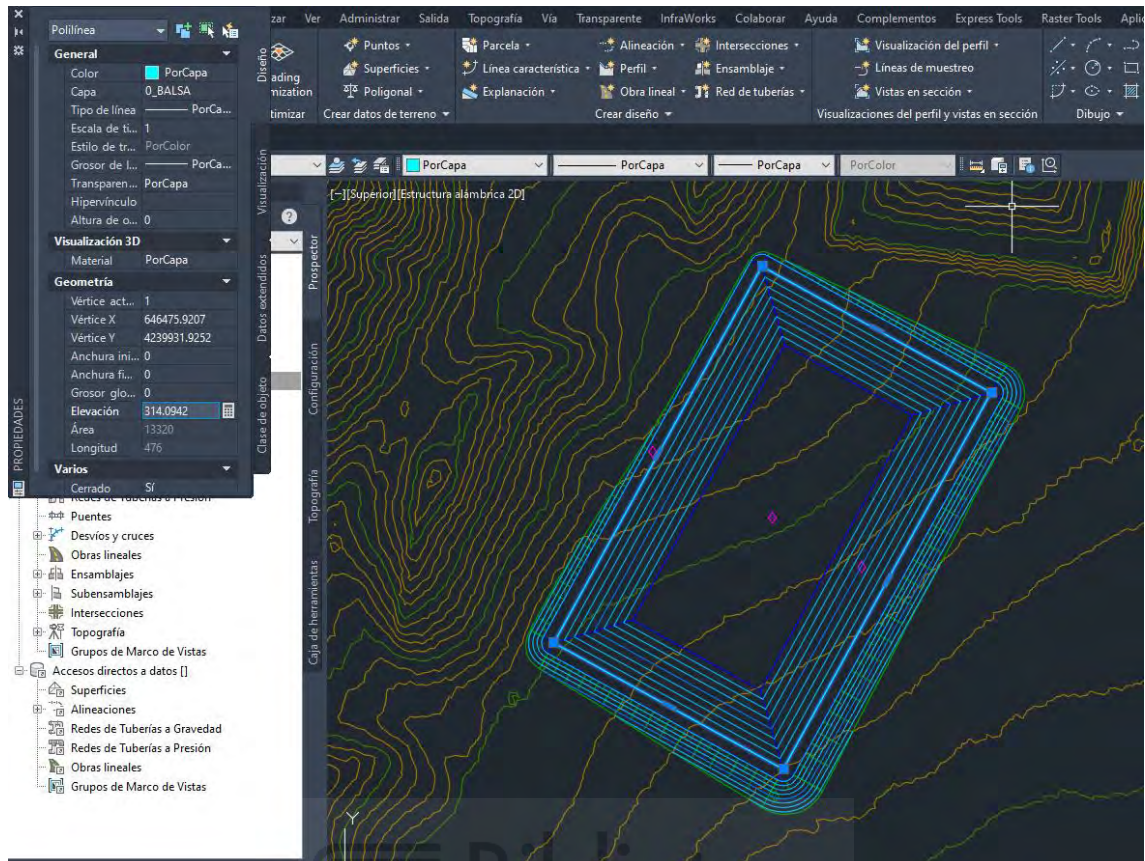
4.2.- Polilínea 2D del pasillo interior de la balsa

Partimos de la superficie de la balsa creada. El pasillo interior de la balsa formada por una polilínea 2D cerrada (*Elevación = 0*) con las dimensiones establecidas en el diseño del proyecto.



Seleccionamos la polilínea 2D del pasillo interior de la balsa y pulsando el botón derecho del ratón seleccionamos **Propiedades** en el menú contextual desplegado.

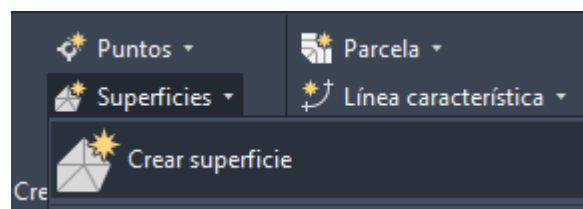
En la ventana de **Propiedades**, en el desplegable de **Geometría**, editamos el parámetro **Elevación**, borrando el valor inicial 0 e introduciendo la elevación final del pasillo (314,094 m).



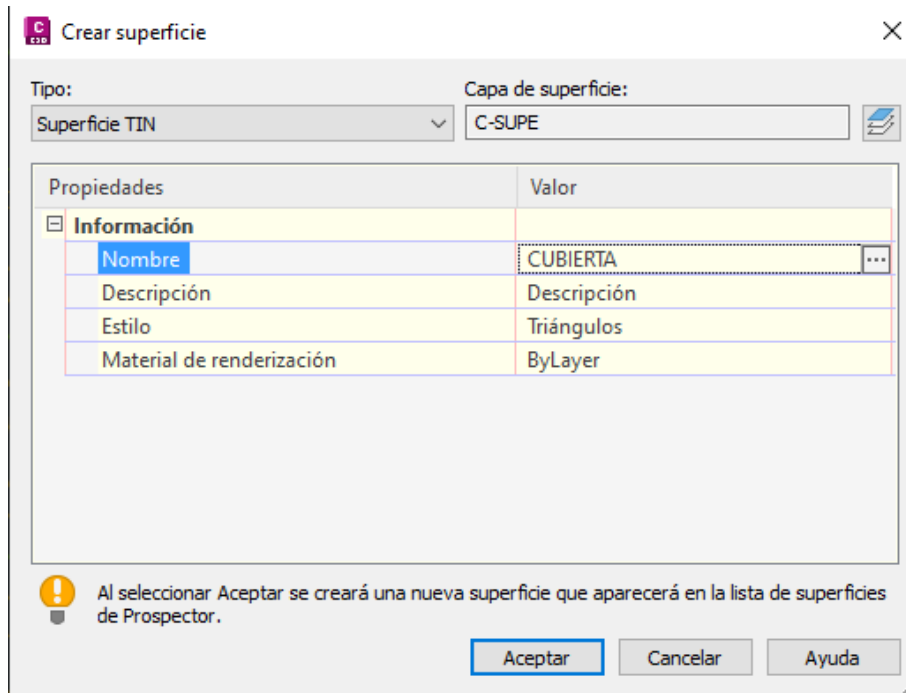
4.3.- Crear superficie cubierta

Una vez elevada la polilínea 2D de la planta de la balsa a la cota de coronación, vamos a crear una superficie nueva definida por ese contorno. Esta superficie creará una “tapadera”

En la ficha **Inicio**, grupo **Crear datos de terreno**, desplegamos el menú **Superficie** y seleccionamos **Crear superficie**.



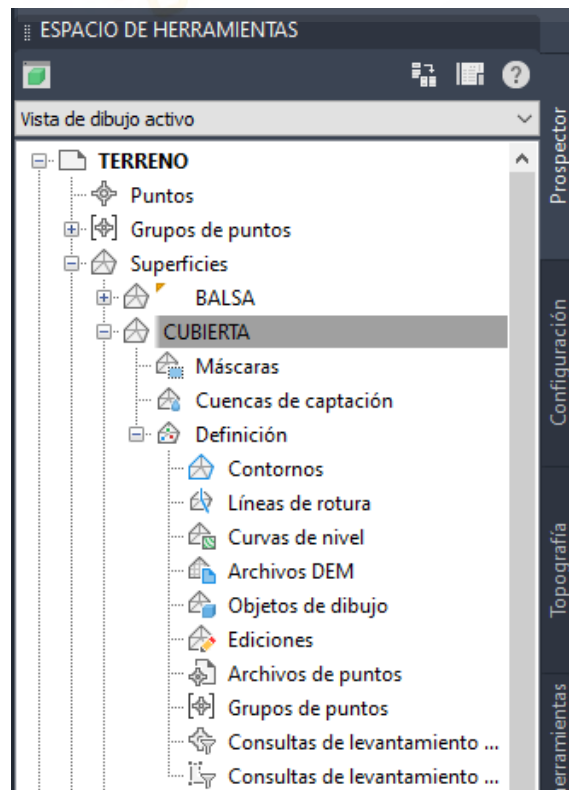
En la ventana de **Crear superficie**, desplegamos **Tipo** y seleccionamos **Superficie TIN**.



E introducimos los siguientes parámetros:

- Nombre: **"CUBIERTA"**.
- Estilo: **Triángulos**.

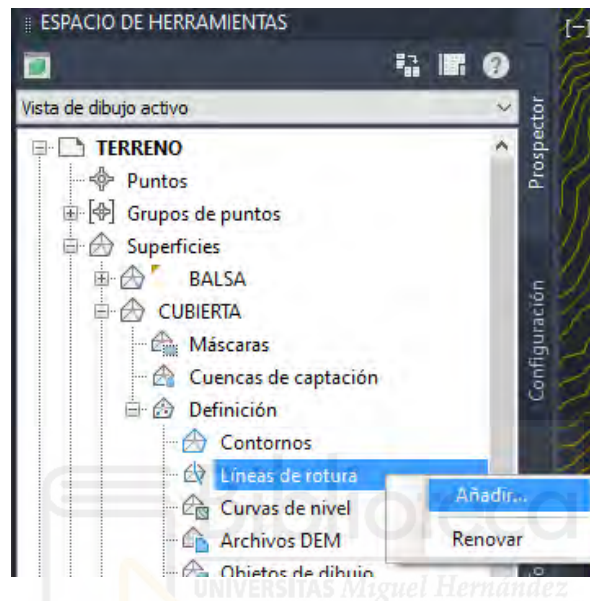
Hacemos clic en **Aceptar** y se crea una nueva superficie con estilo Triángulos.



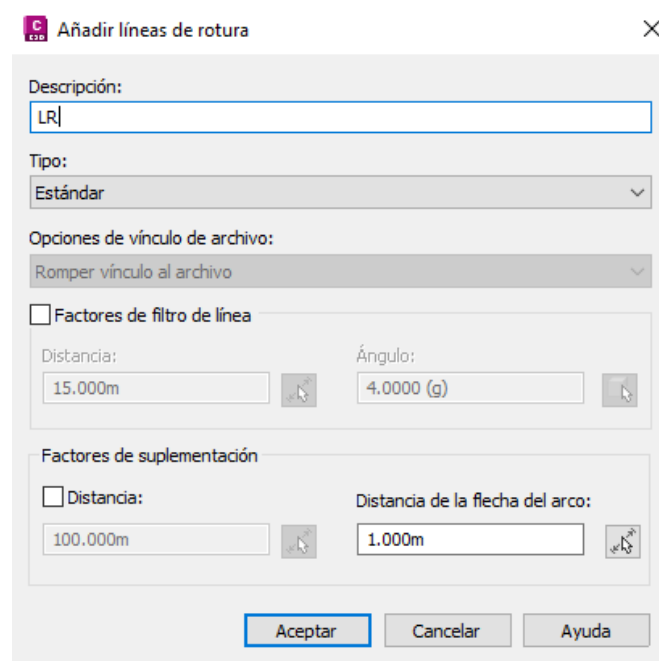
En la pestaña **Prospector** del **Espacio de herramientas** tenemos la superficie creada "CUBIERTA". Desplegamos el árbol hasta llegar a **+Definición**.

Vamos a definir esta superficie con el único elemento del que disponemos, la polilínea 2D con elevación.

Abrimos el árbol **(+)Definición**, y seleccionamos como elemento **Líneas de rotura** y pulsando el botón derecho del ratón, seleccionamos **Añadir...**



En la ventana de **Añadir líneas de rotura**, introducimos una breve descripción "LR" y pulsamos **Aceptar**.



En la Línea de comando:

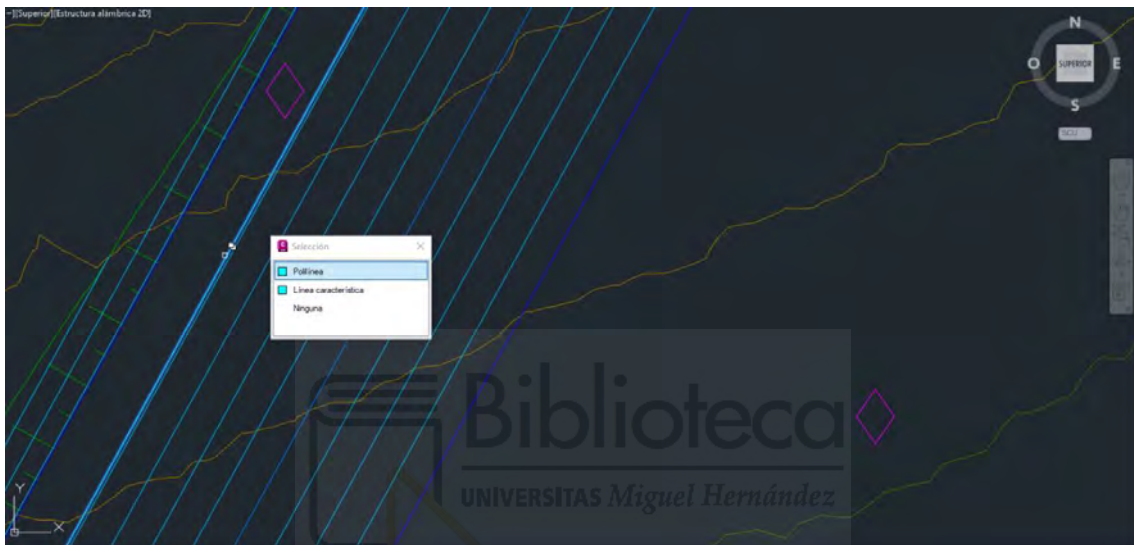
Seleccionar objetos:

Seleccionamos la polilínea 3D que forma el pasillo de la balsa y se crea la superficie definida por esta polilínea.

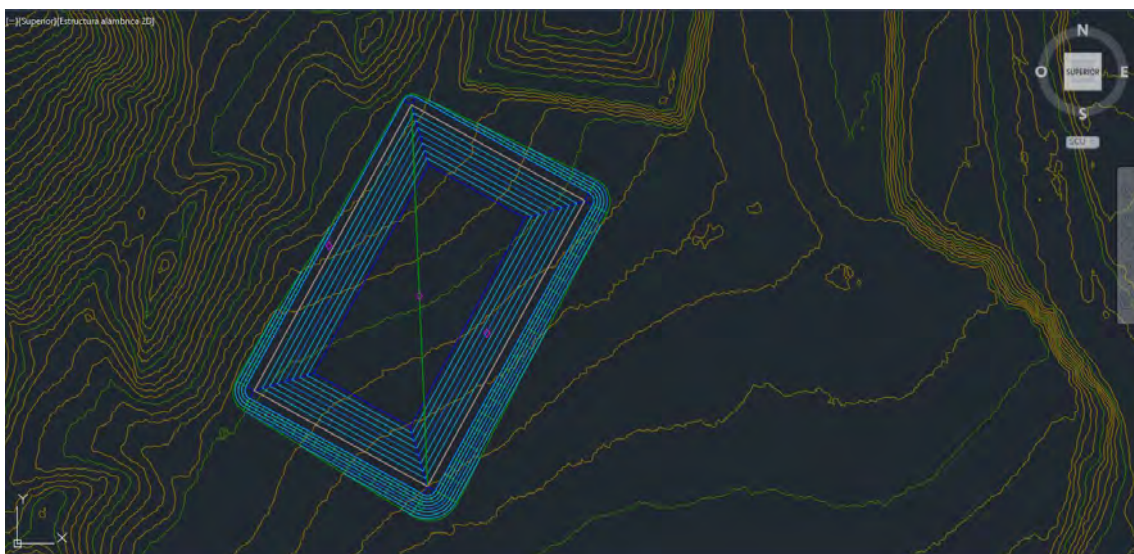
Nota Importante: es imprescindible tener activada la herramienta **Ciclo de selección**



de la Barra de estado para poder seleccionar entidades que están superpuestas sobre otras.

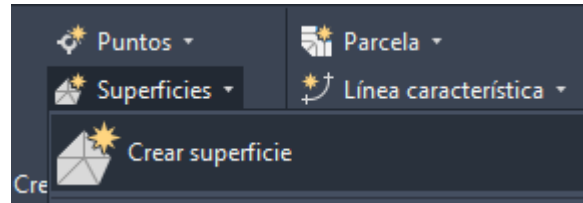


Se crea la superficie **CUBIERTA** con el estilo de Triángulos. Esta superficie es una superficie plana elevada a la cota del pasillo de coronación.



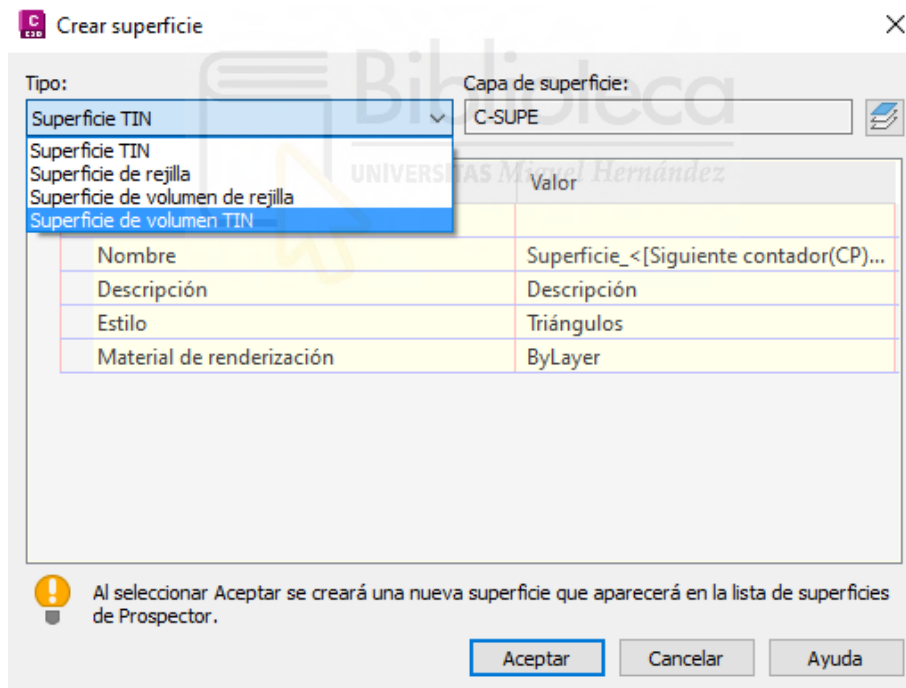
Ahora vamos a crear una nueva superficie, pero en este caso, será una **Superficie de Volumen TIN**, que se creará a partir de la comparación de una **Superficie Base (BALSA)** con una **Superficie de comparación (CUBIERTA)**.

En la ficha **Inicio**, grupo **Crear datos de terreno**, desplegamos el menú **Superficie** y seleccionamos **Crear superficie**.



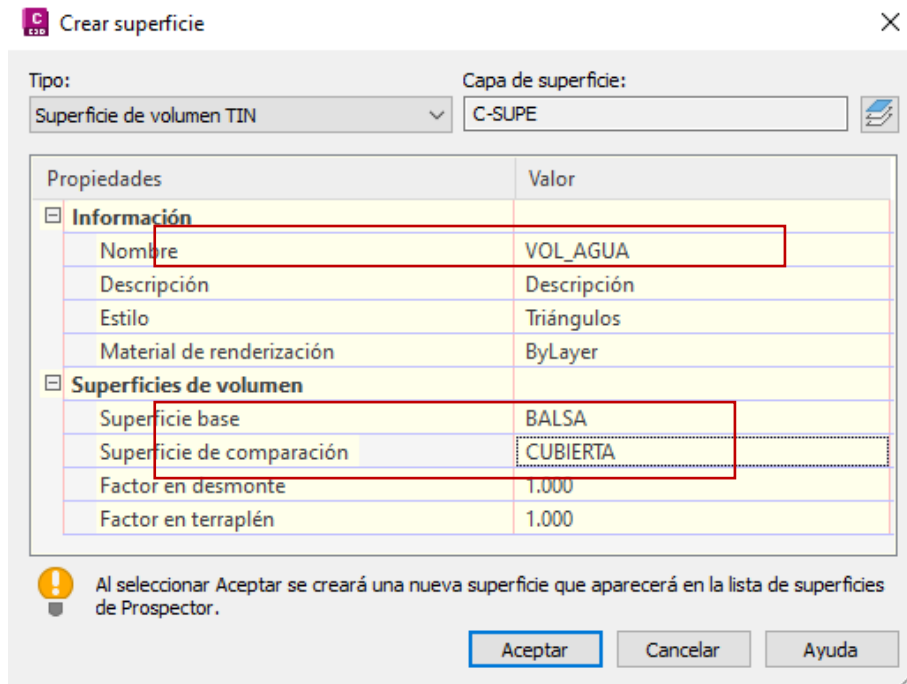
Se abre el cuadro de diálogo **Crear superficie**.

En la lista **Tipo**, seleccionamos **Superficie de volumen TIN**.

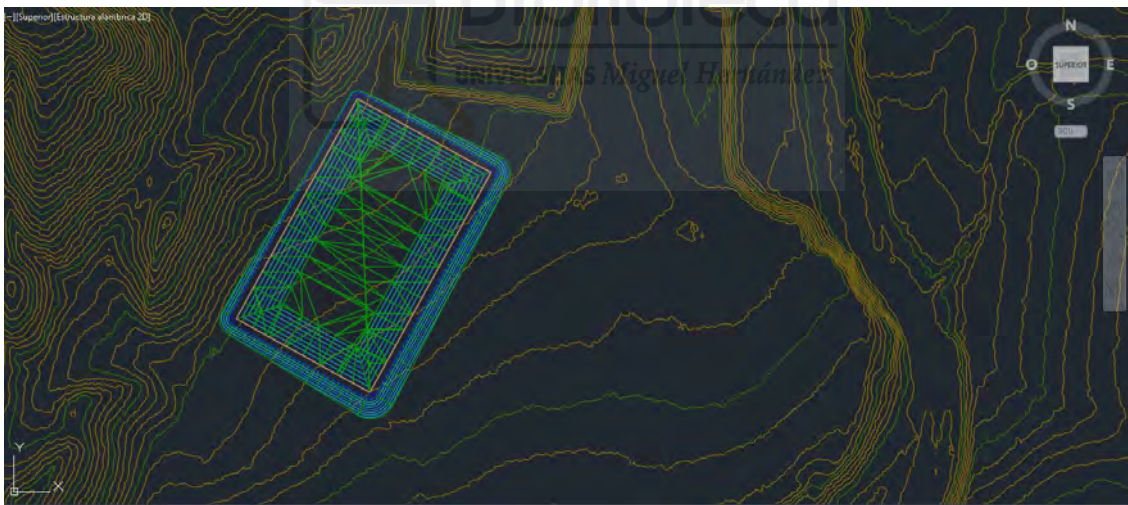


E introducimos los siguientes parámetros:

- Nombre: **"VOL_AGUA"**.
- Estilo: **Triángulos**.
- Superficie base: seleccionamos **"BALSA"** de la lista.
- Superficie de comparación: seleccionamos **"CUBIERTA"** de la lista.

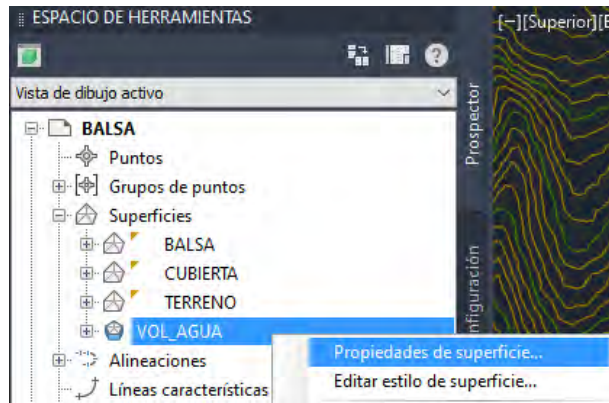


Hacemos clic en **Aceptar** y se crea una nueva superficie con estilo Triángulos.



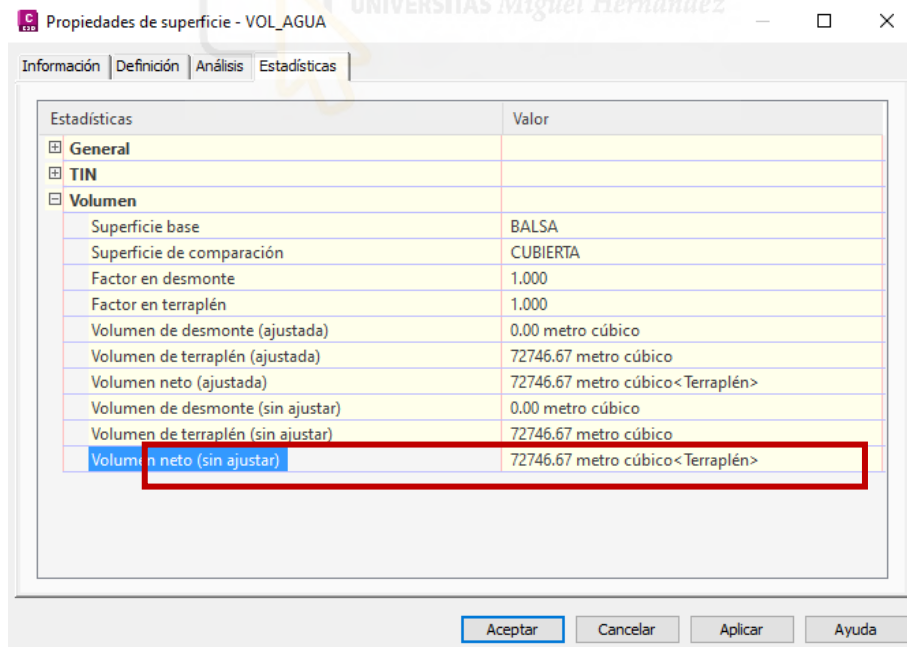
4.4.- Volumen total de agua

En el **Espacio de herramientas**, seleccionamos la superficie creada "VOL_AGUA" y pulsando el botón derecho del ratón seleccionamos en el menú desplegable **Propiedades de superficie...**



En la ventana de **Propiedades de superficie** hacemos clic en la pestaña **Estadísticas**, desplegamos el parámetro **+Volumen** y nos muestra los datos de volumen de desmonte, volumen de terraplén y volumen neto (ajustados y sin ajustar, que coinciden al ser 1 los factores de desmonte y terraplén).

Lógicamente, obtenemos un valor cero de desmonte y un valor de volumen de terraplén, que coincide con el valor del volumen neto (72.746,67 m³), que en este caso sería el agua total que podría almacenar la balsa diseñada. Este valor coincide con los calculados realizados mediante el empleo de las fórmulas analíticas y mediante el comando **EXTRUSION** de la aplicación CAD.



Volumen de agua total la balsa: 72.747 m³

4.5.- Volumen útil de agua

Podemos realizar el mismo procedimiento para calcular el volumen útil de la balsa, una vez que establezcamos la altura de resguardo y la cota de máximo nivel normal de la balsa.

En este caso, será necesario realizar un Desfase de la polilínea 2D del pasillo interior de la balsa una distancia, resultado de multiplicar la altura de resguardo por el valor de la componente horizontal del talud interior de la balsa.

Una vez editado el parámetro *Elevación* de la polilínea 2D a la cota NMN, se procede a crear una **Superficie TIN** que denominaremos "LAMINA" y que estará definida por la línea de rotura de la polilínea 2D.

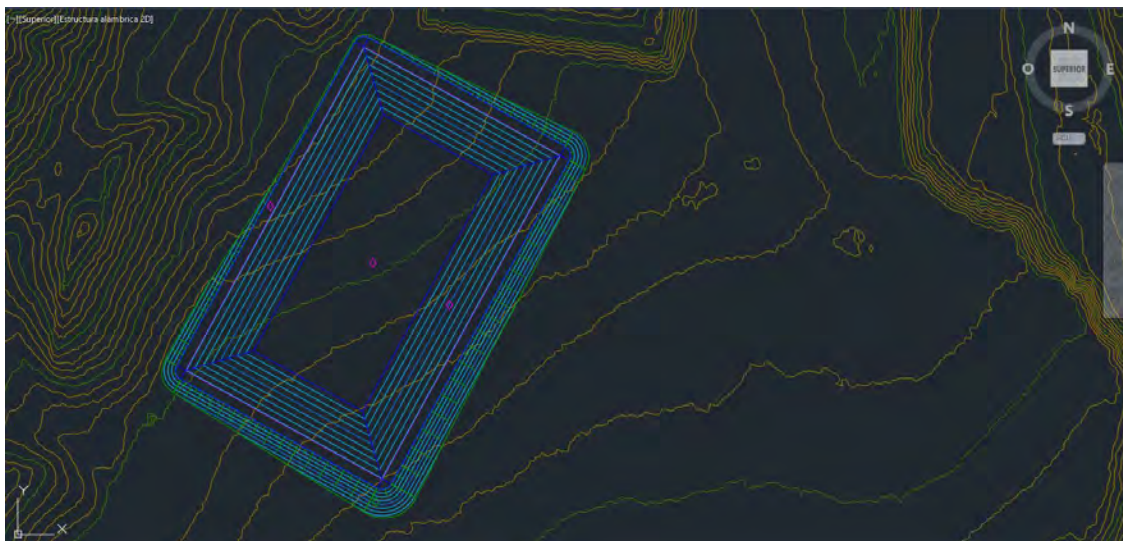
Y a continuación, una **Superficie de volumen TIN** para calcular el volumen útil por comparación de la *Superficie base* "BALSA" y la *Superficie de comparación* "LAMINA".

Como resultado, obtendremos el valor de volumen neto en las **Propiedades de superficie**, que se corresponde con el volumen útil de agua y que debe coincidir con los calculados realizados mediante el empleo de las fórmulas analíticas y mediante el comando **EXTRUSION** de la aplicación CAD.

5.- LÍNEA DE PASO DE LA BALSA CON CIVIL 3D

5.1.- Introducción

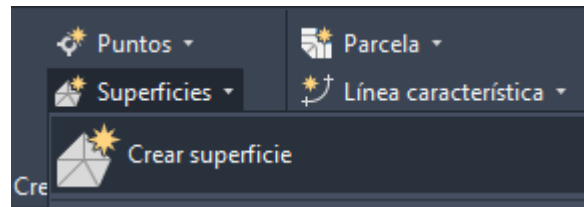
La aplicación Civil 3D nos permite obtener la línea de paso entre desmonte y terraplén de la balsa diseñada. En este proceso de comparación de las dos superficies creadas, "TERRENO" y "BALSA" vamos a obtener, también, el volumen total del movimiento de tierras, la representación hipsométrica que defina las superficies de desmonte y de terraplén, así como sus respectivas áreas y a partir de ahí, obtener la polilínea 2D de la línea de paso entre desmonte y terraplén, útil para su replanteo en obra.



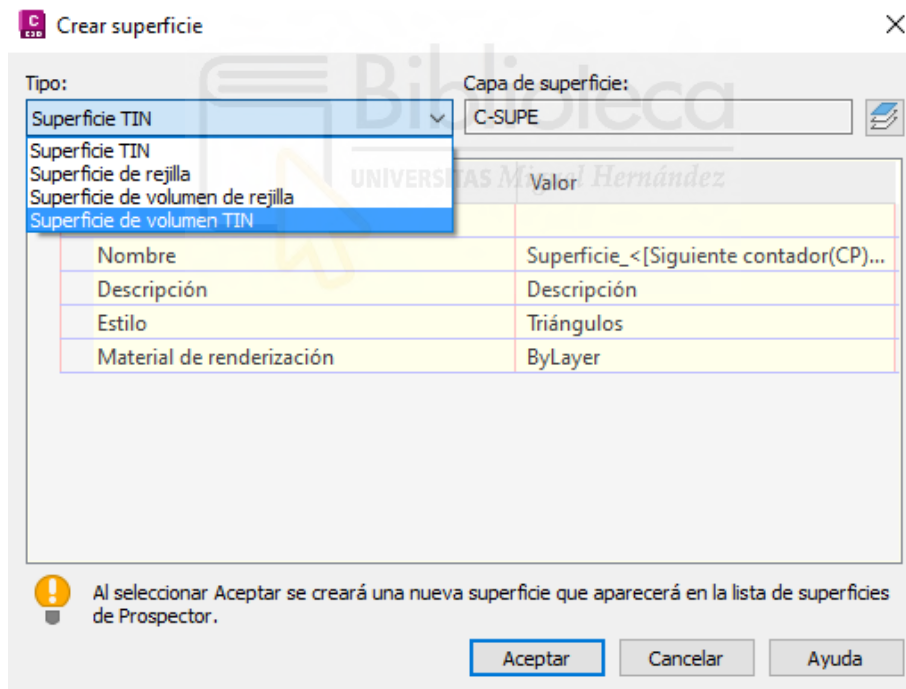
5.2.- Superficie de volumen TIN entre el terreno y la balsa

Para obtener la línea de paso vamos a crear una superficie de **Volumen TIN** a partir de la superficie base (TERRENO) y la superficie de comparación (BALSA).

En la ficha **Inicio**, grupo **Crear datos de terreno**, desplegamos el menú **Superficie** y seleccionamos **Crear superficie**.

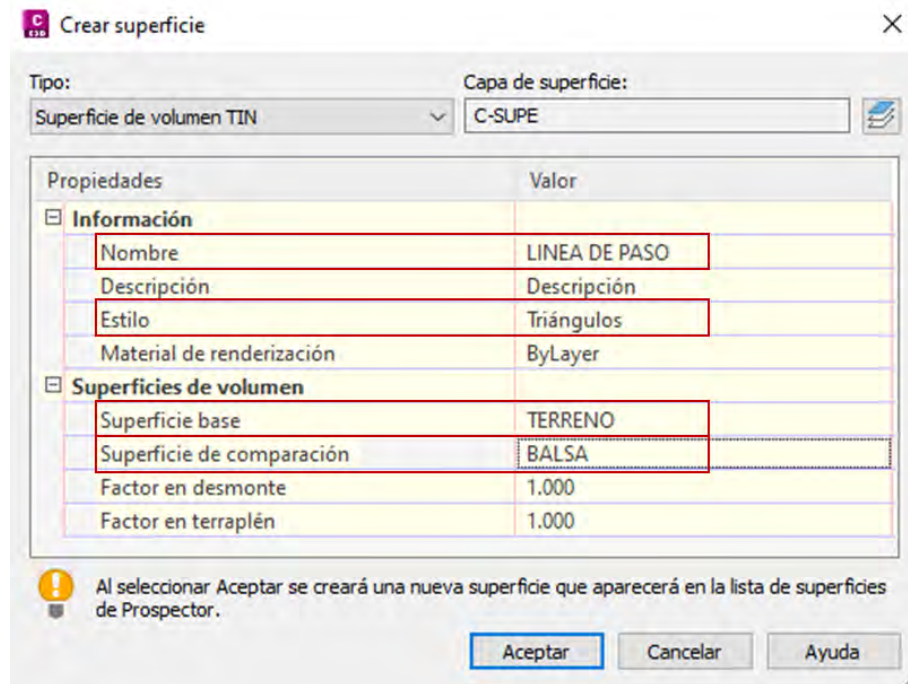


En la ventana de **Crear superficie**, desplegamos **Tipo** y seleccionamos **Superficie de volumen TIN**.



E introducimos los siguientes parámetros:

- Nombre: **"LINEA DE PASO"**.
- Estilo: **Triángulos**.
- Superficie base: seleccionamos **"TERRENO"** de la lista.
- Superficie de comparación: seleccionamos **"BALSA"** de la lista.

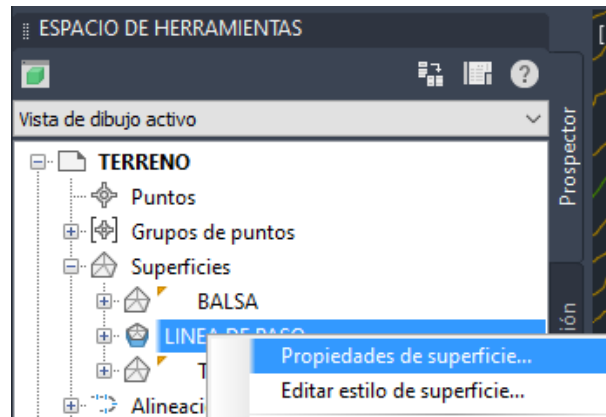


Hacemos clic en **Aceptar** y se crea una nueva superficie con estilo Triángulos.



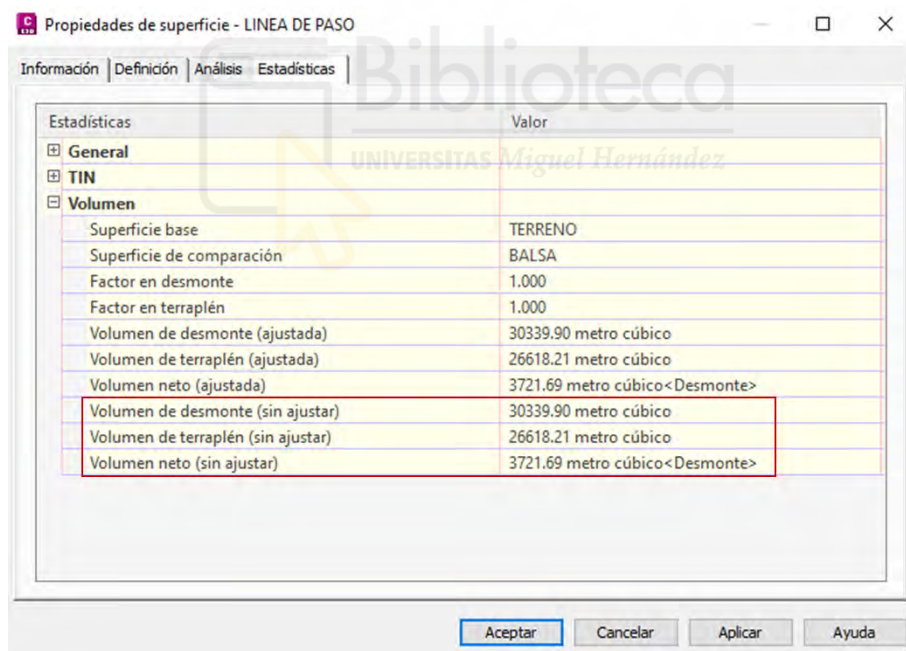
5.3.- Volumen de tierras

En el **Espacio de herramientas**, seleccionamos la superficie creada "LINEA DE PASO" y pulsando el botón derecho del ratón seleccionamos en el menú desplegable **Propiedades de superficie...**



En la ventana de Propiedades de superficie hacemos clic en la pestaña Estadísticas, desplegamos el parámetro +Volumen y nos muestra los datos de volumen de desmonte, volumen de terraplén y volumen neto (ajustados y sin ajustar, que coinciden al ser 1 los factores de desmonte y terraplén).

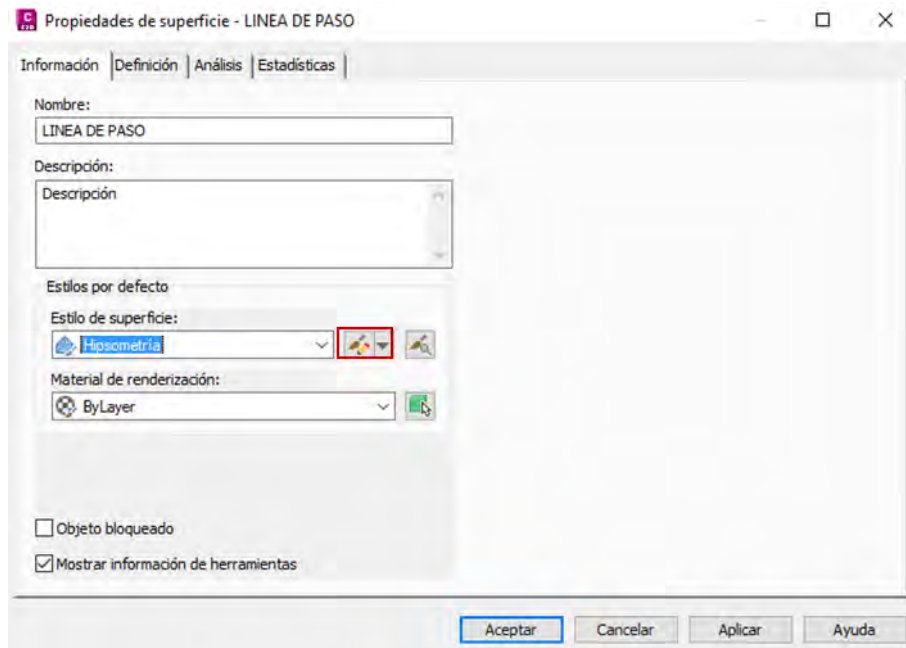
Estos valores coinciden con los calculados mediante el proceso de explanación.



5.4.- Hipsometría


Ahora vamos a cambiar el estilo *Triángulos* por el estilo *Hipsometría*. En el **Espacio de herramientas**, seleccionamos la superficie creada "LINEA DE PASO" y pulsando el botón derecho del ratón seleccionamos en el menú desplegable **Propiedades de superficie...**

En la ventana de **Propiedades de superficie**, en la pestaña de **Información** seleccionamos el estilo de superficie Hipsometría en el desplegable.

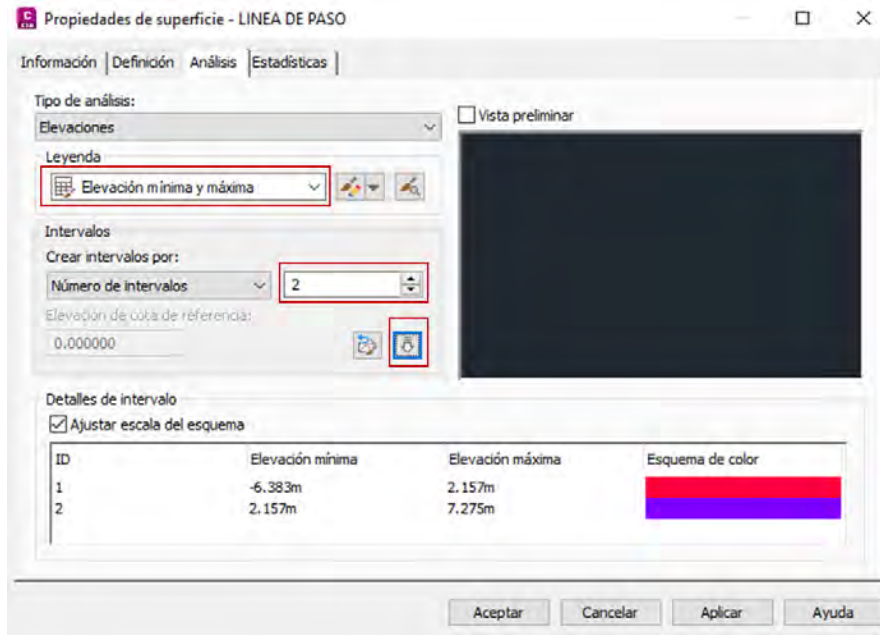


Ahora hacemos clic en la pestaña **Análisis** y seleccionamos en el **Tipo de análisis:** Elevaciones.

En la **Leyenda**, desplegamos y seleccionamos Elevación mínima y máxima.

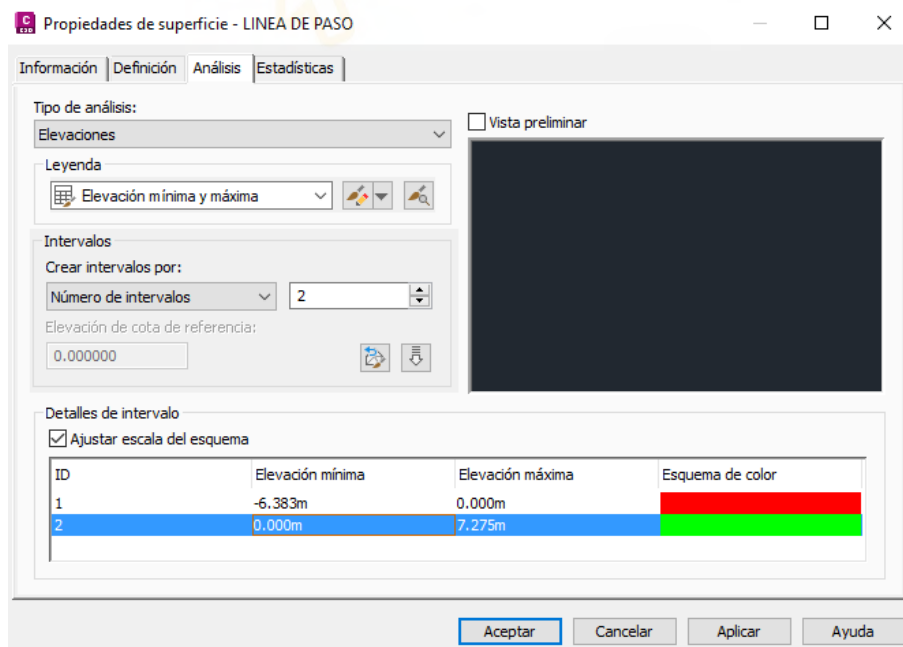
Seleccionamos **2 intervalos** y pulsamos el icono de la flecha  para que se ejecute el análisis.

En la ventana inferior aparece el esquema con los datos de elevación máxima y mínima en cada intervalo, con su color correspondiente.



A continuación, vamos a editar los parámetros de los intervalos, tanto sus valores como sus esquemas de color.

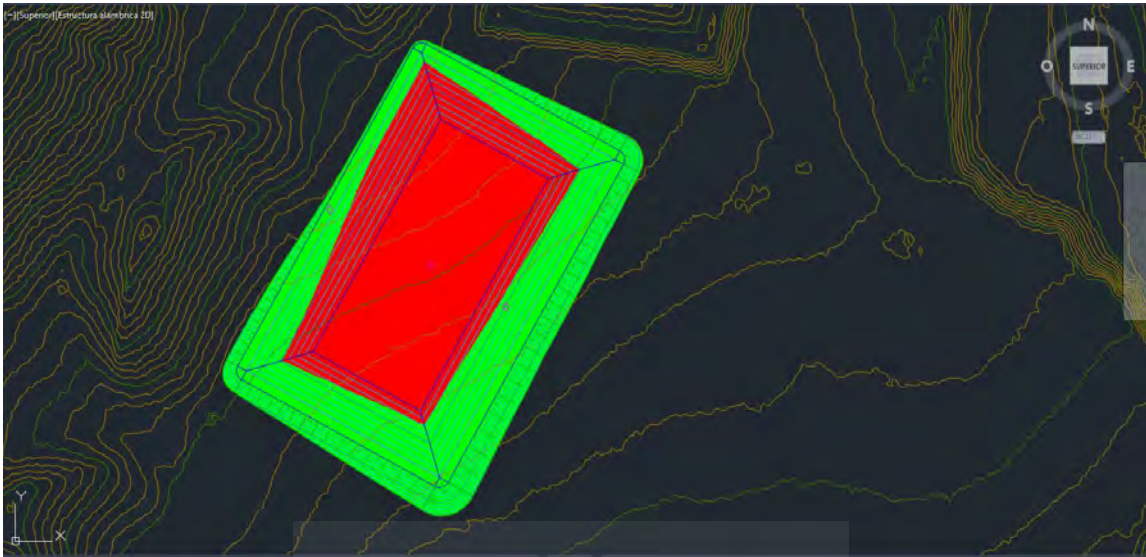
Pinchando sobre el texto numérico, establecemos la Elevación máxima del **ID1** con valor **0** y la Elevación mínima del **ID2** con valor **0**. Haciendo clic sobre el color, podemos modificarlo, eligiendo un color verde para el terraplén.



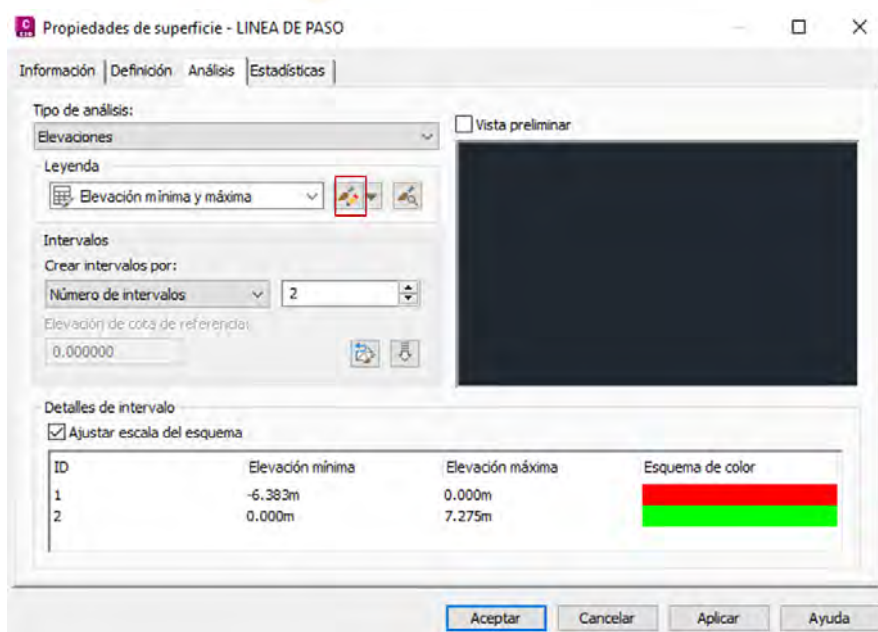
Los valores de los intervalos nos indican que se está excavando hasta una profundidad máxima de 6,383 m desde el terreno natural y se está terraplenando hasta una altura

de 7,275 m desde el terreno natural. Lógicamente, la línea de transición entre ambos intervalos, nos indica la línea entre desmonte y terraplén (línea de paso).

Al aceptar, nos muestra el estilo de hipsometría creado. En rojo, la zona de desmonte y en verde la superficie en terraplén.

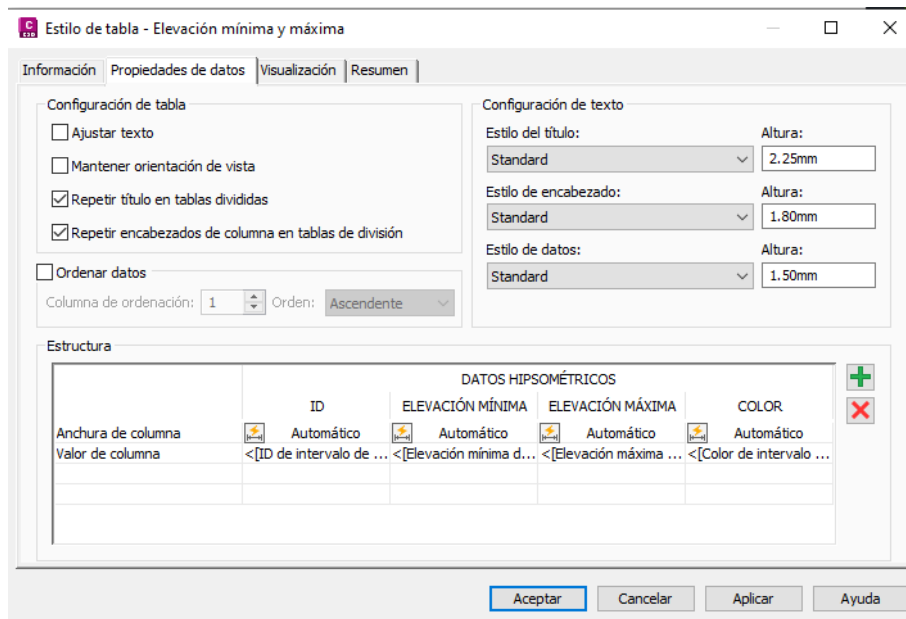


Si volvemos a las **Propiedades de la superficie**, podemos configurar la tabla de datos de la hipsometría creada.

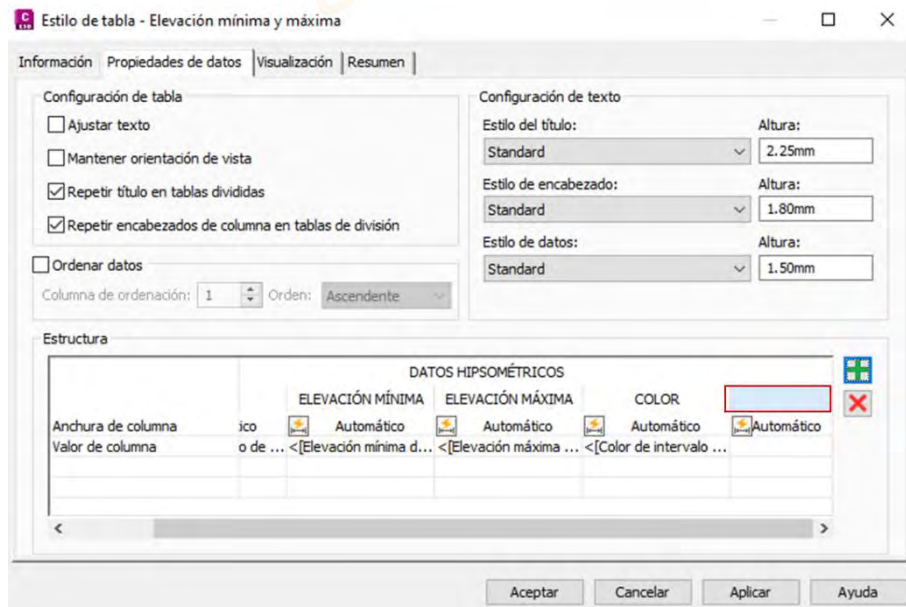


Hacemos clic en el icono  para editar la leyenda.

Aparece la ventana de **Estilo de tabla** con una configuración por defecto, que vamos a modificar.

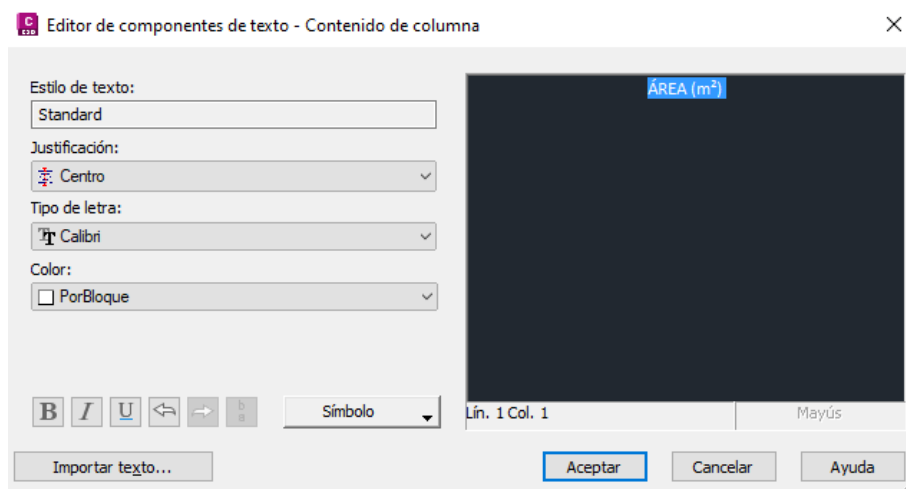


En primer lugar, vamos a añadir  a la **Estructura** una nueva columna que nos muestra las áreas de cada uno de los intervalos.

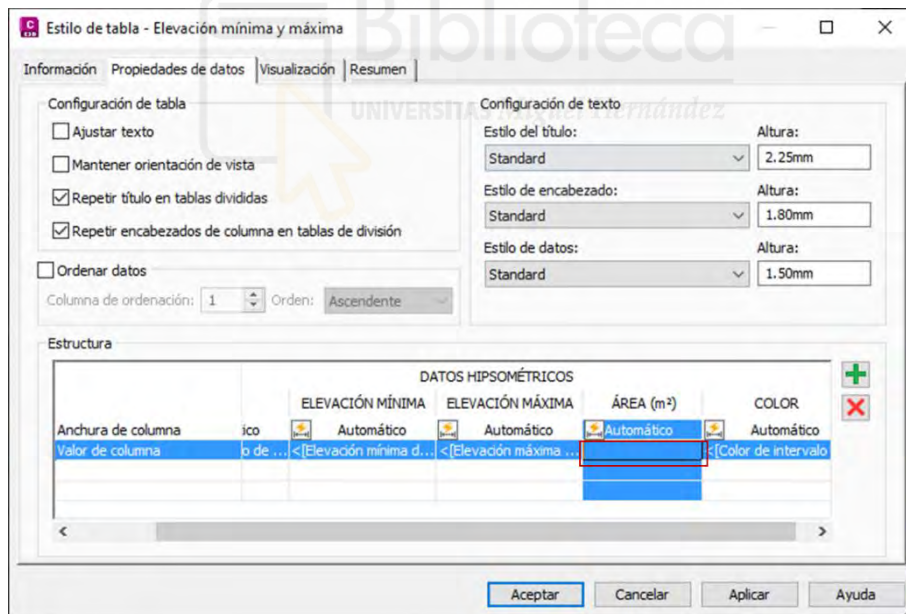


Hacemos clic sobre la celda del título de la nueva columna creada, que está en blanco.

En la ventana que se abre, escribimos el encabezado de la columna, "ÁREA (m²)", configurando el estilo, justificación y tipo de letra del texto.



Al **Aceptar**, en la **Estructura** de la tabla tenemos el encabezado de la nueva columna.




Haciendo clic en la celda correspondiente al **Valor de columna**, que está vacío, vamos a configurar el contenido.

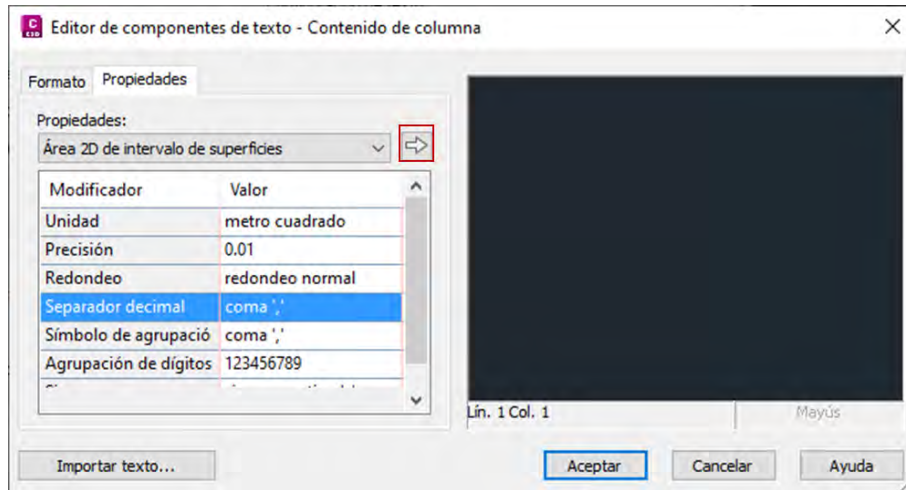
En la pestaña de **Propiedades**, en el desplegable de **Propiedades**, seleccionamos Área 2D de intervalo de superficie.

A continuación, podemos configurar los parámetros de los valores del campo, como son:

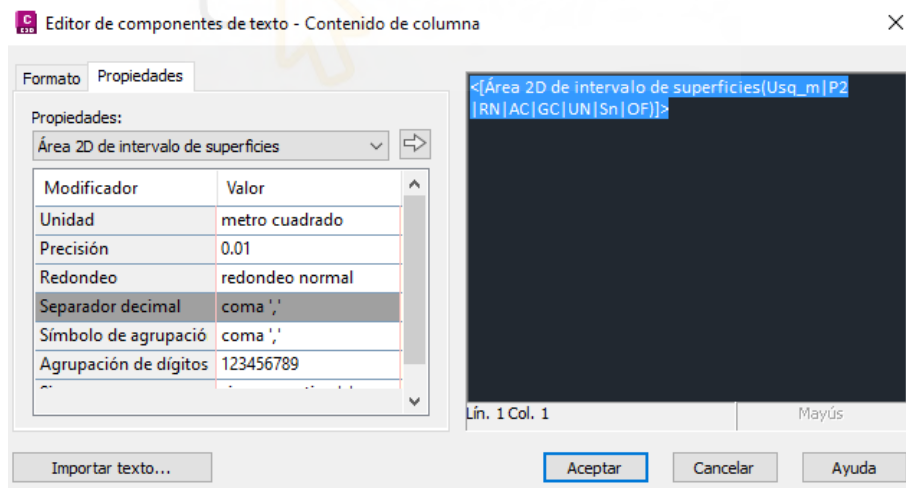
- Precisión: 0.01 (dos decimales)

- Separador decimal: coma “,”

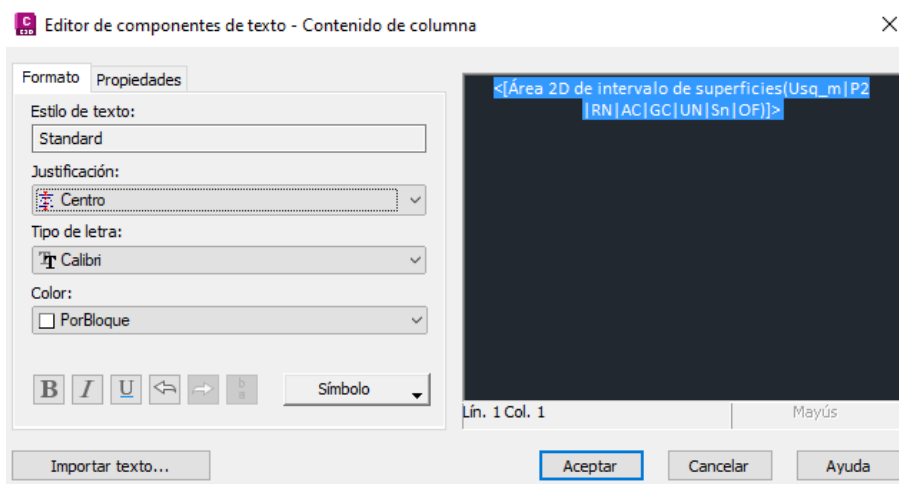
Una vez modificados los parámetros, hacemos clic en  para incorporarlo a la ventana de texto.



Una vez incorporado, podemos modificar los parámetros del formato de texto en la pestaña **Formato**.



Aquí editamos el estilo, justificación, tipo de letra y color.

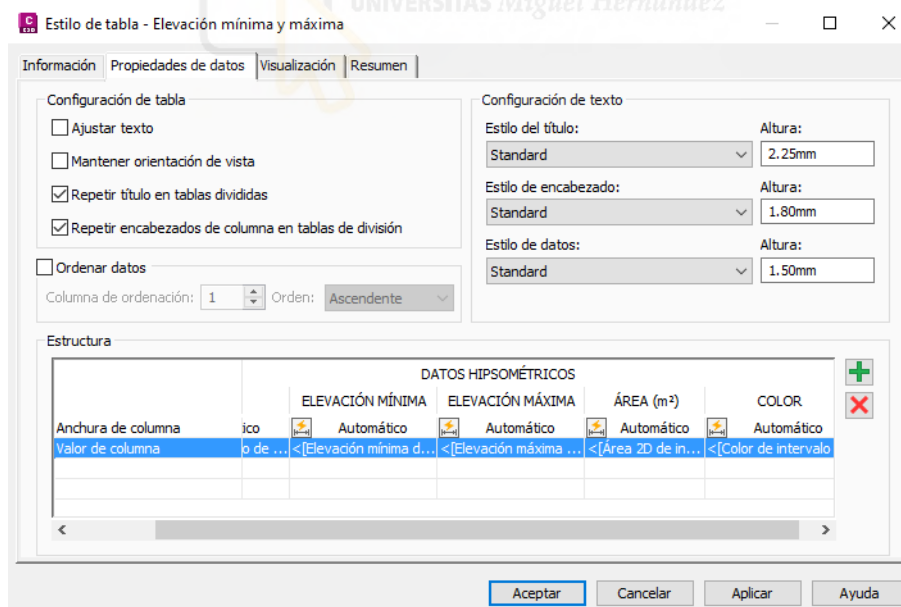


Al **Aceptar**, en la ventana de **Estilo de tabla** tenemos la nueva columna creada con los valores del área de cada uno de los intervalos.

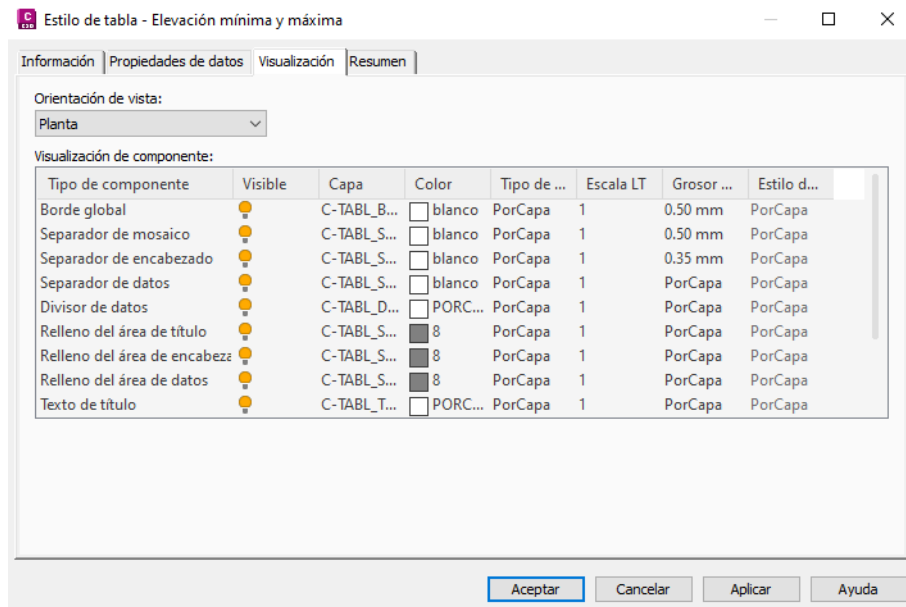
Podemos cambiar el orden de las columnas, dejando la columna COLOR la última.

Podemos editar cualquiera de las columnas existentes por defecto, tal y como hemos visto anteriormente, en cuanto a las Propiedades del valor y al Formato del texto.

También podemos configurar los estilos y alturas del texto que aparecerá en la tabla.

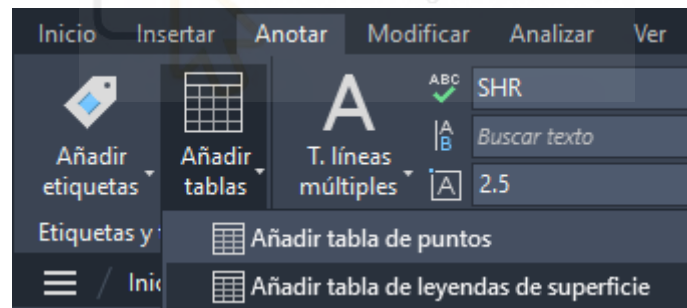


Por último, en la pestaña **Visualización**, podemos configurar la visualización y los colores de cada uno de los componentes de la tabla. Una vez configurado, hacemos clic en **Aceptar** para salir.



Ahora vamos a incorporar la leyenda al dibujo.

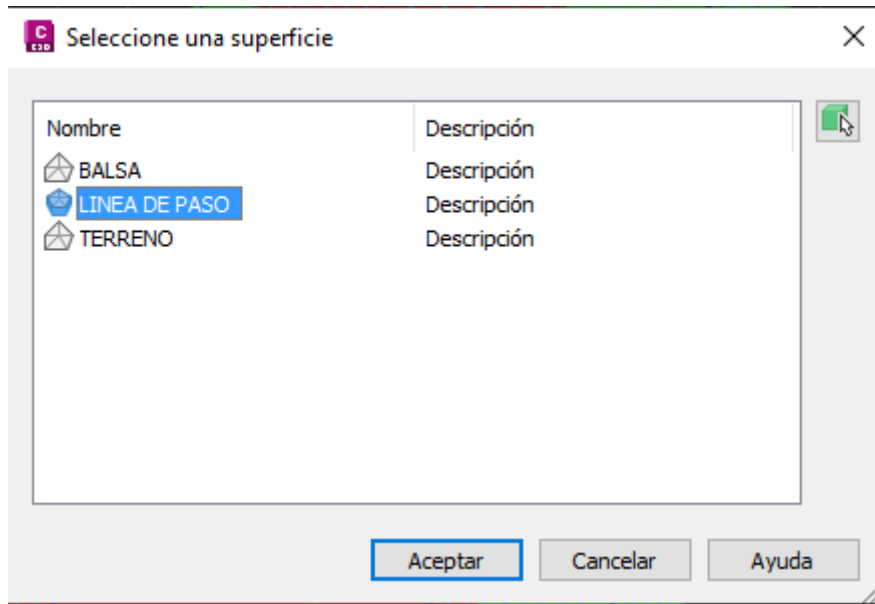
En la ficha **Anotar**, en el grupo **Etiquetas y tablas**, desplegamos el menú **Añadir tablas** y seleccionamos **Añadir tabla de leyendas de superficie**.



Podemos hacer clic en el dibujo sobre la superficie creada ("LINEA DE PASO") o pulsar **Intro** para que aparezca un listado con las superficies disponibles.

*Seleccione una superficie <o pulse la tecla Intro para seleccionarla en una lista>:
pulsamos Intro*

En el listado que aparece seleccionamos la superficie "LINEA DE PASO".



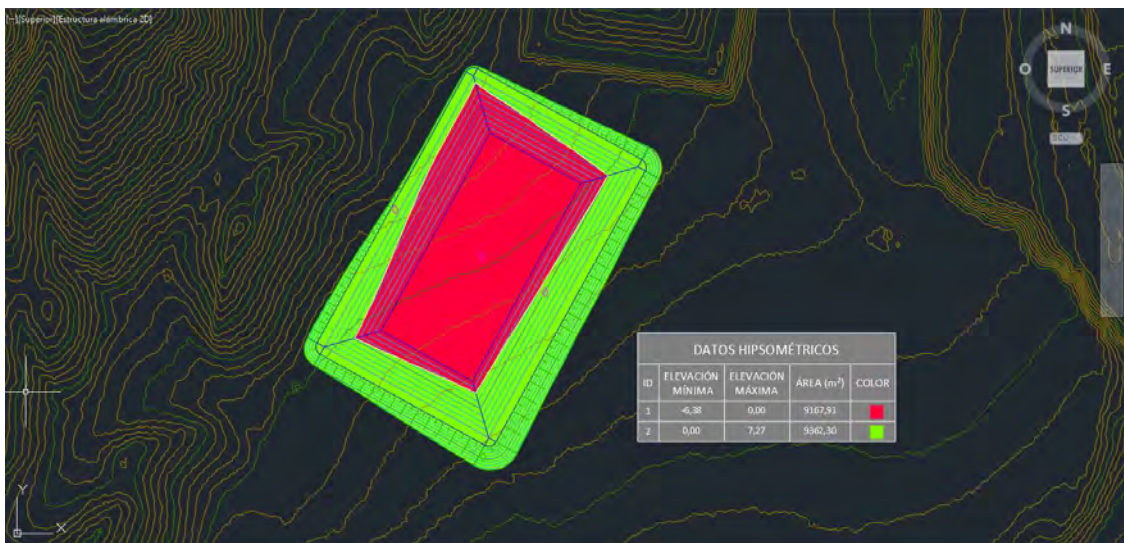
Superficie: LINEA DE PASO



Indique tipo de tabla [Orientaciones/Elevaciones/Taludes/Flechasdetalud/cuRvas de nivel/curvasdenivelUsuario/Cuencas de captación] <Elevaciones>: pulsamos Intro

Comportamiento [Dinámico/Estático] <Dinámico>: pulsamos Intro

Seleccione la esquina superior izquierda: hacemos clic sobre el dibujo para insertar la tabla. Miguel Hernández

En el dibujo se ha insertado la tabla de la leyenda de la hipsometría creada.

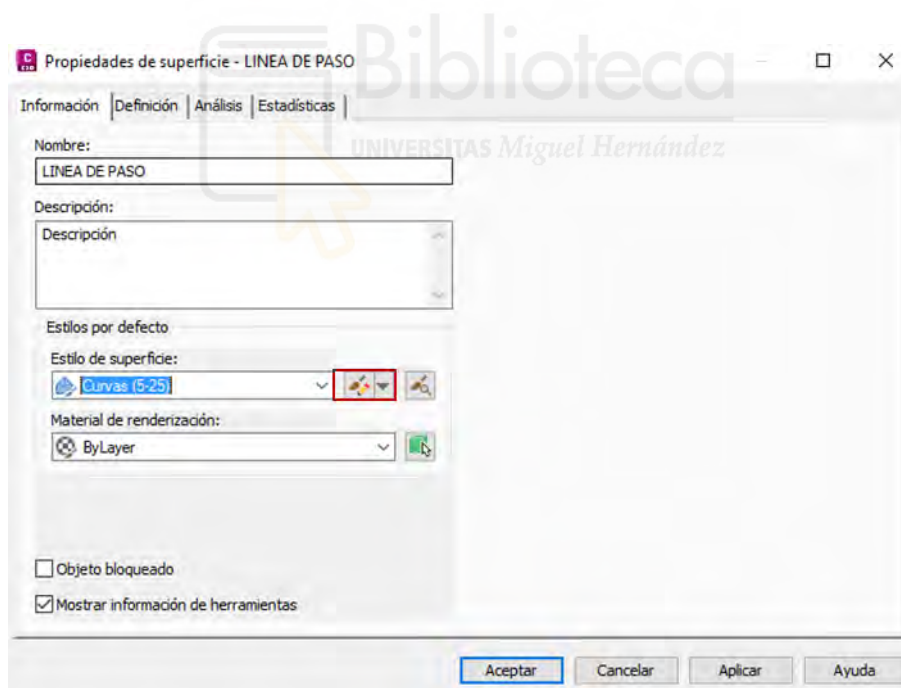


DATOS HIPSOMÉTRICOS				
ID	ELEVACIÓN MÍNIMA	ELEVACIÓN MÁXIMA	ÁREA (m ²)	COLOR
1	-6,38	0,00	9167,91	
2	0,00	7,27	9362,30	

5.5.- Polilínea 2D de la línea de paso

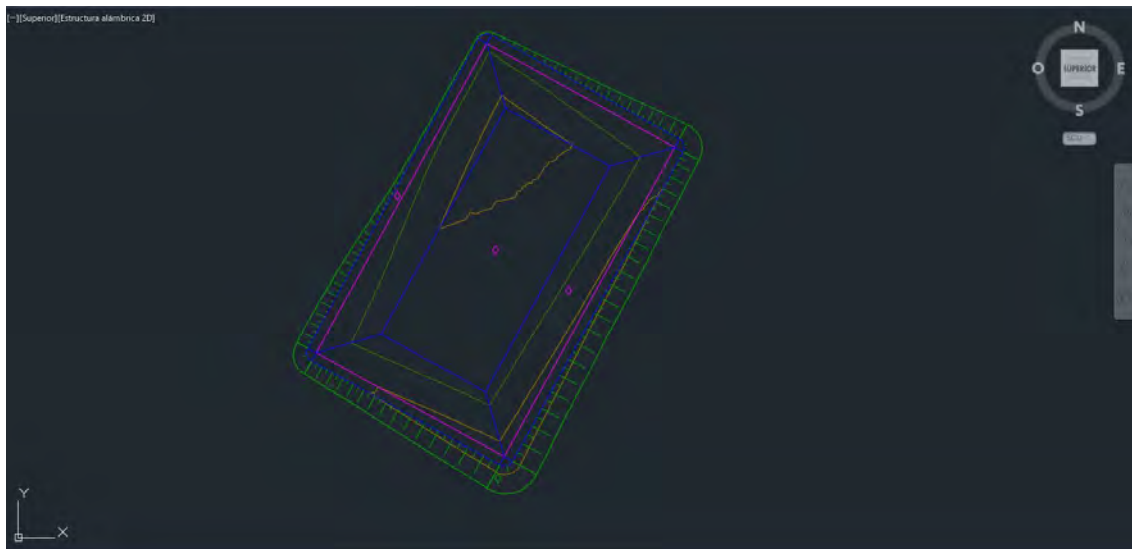
Ahora vamos a cambiar el estilo *Hipsometría* por un estilo de curvas de nivel. En el **Espacio de herramientas**, seleccionamos la superficie creada “LINEA DE PASO” y pulsando el botón derecho del ratón seleccionamos en el menú desplegable **Propiedades de superficie...**

En la ventana de **Propiedades de superficie**, en la pestaña de **Información** seleccionamos el estilo de superficie Curvas (5-25) en el desplegable.

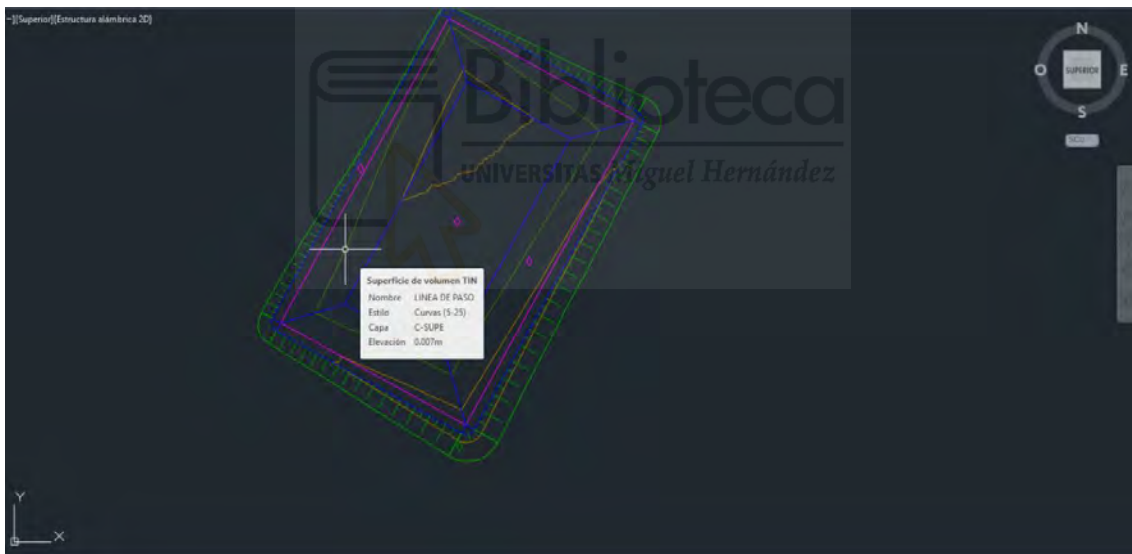


Aprovechamos también para elegir un estilo *Invisible* para la superficie “TERRENO” y para la superficie “BALSA”, de forma que no se vean sus curvas de nivel

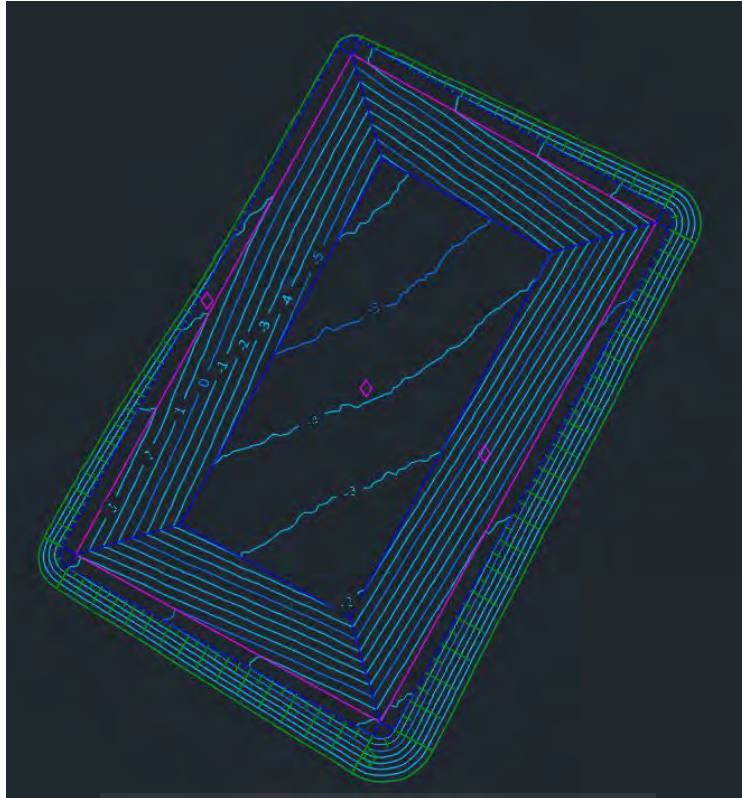
Ahora tenemos la superficie “LINEA DE PASO” con curvas de nivel cada 5 m.



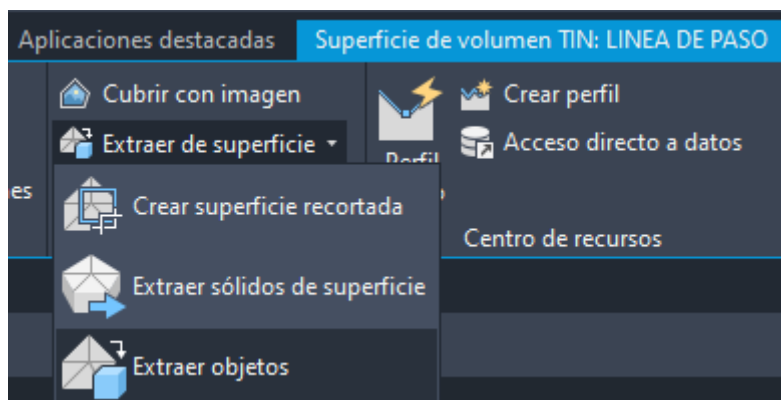
Si colocamos el cursor sobre la curva de nivel Maestra comprobamos que su elevación se aproxima a la cota 0.

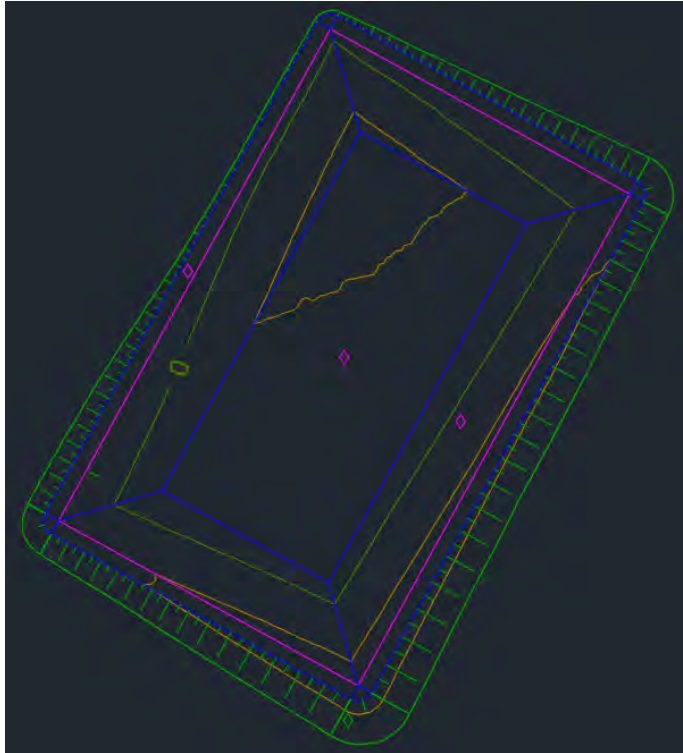


Si eligiéramos un estilo de Curvas (1-5) y etiquetásemos las curvas veríamos que a partir de la curva de nivel 0 hay curvas con cota positiva y curvas con cota negativa, que muestran las elevaciones positivas en terraplén y las elevaciones negativas en desmonte.

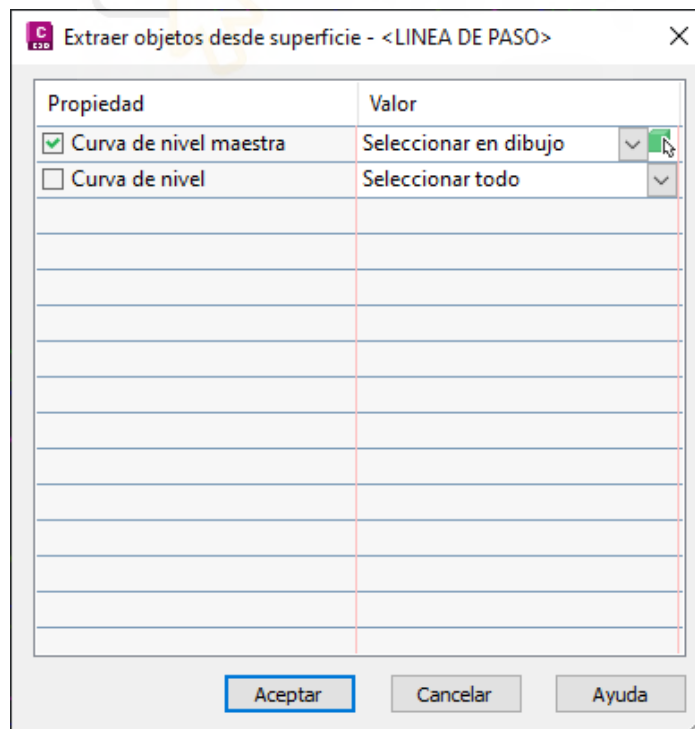



Para extraerla de forma independiente como un objeto, seleccionamos la superficie en pantalla y en la ficha **Superficie de volumen TIN: LINEA DE PASO** desplegamos el menú **Extraer de superficie** y seleccionamos **Extraer objetos**.



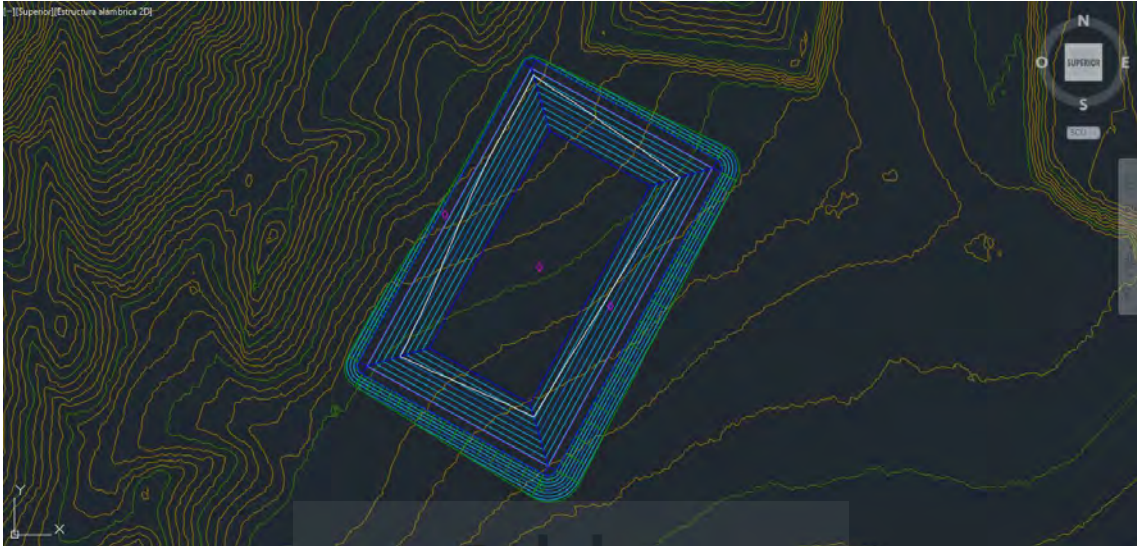


En la ventana de ***Extraer objetos desde superficie***, dejamos solo activa la ***Propiedad Curva de nivel maestra*** y en ***Valor***, desplegamos y seleccionamos ***Seleccionar en dibujo***.



Hacemos clic en el icono  para seleccionar la curva de nivel en el dibujo. En el dibujo hacemos clic sobre la curva de nivel maestra que marca la cota 0 para extraerla como una polilínea 2D.

La curva de nivel maestra con cota 0 se ha extraído como objeto.



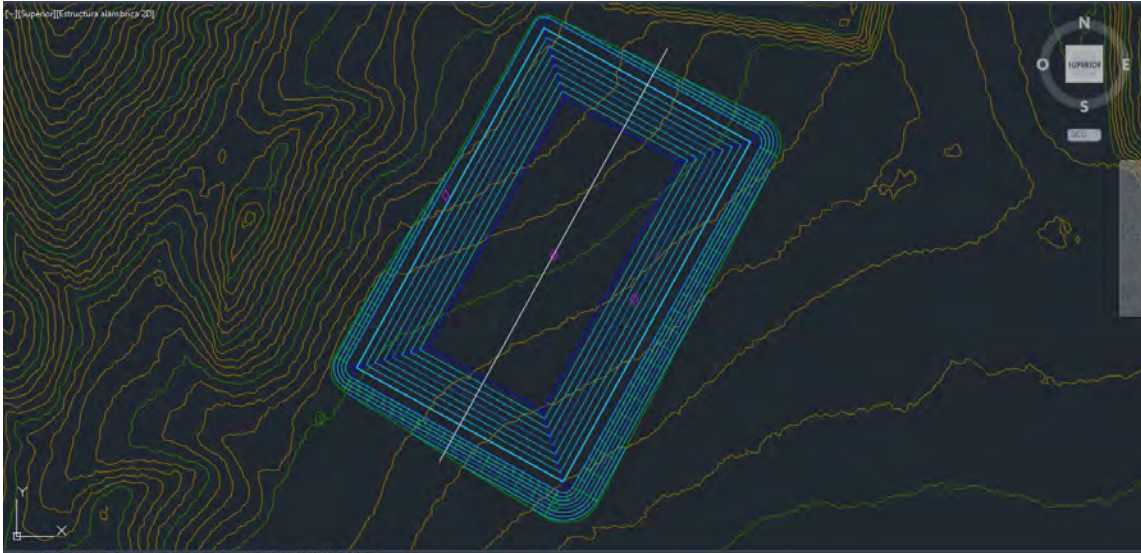
Esta línea de paso que hemos extraído como polilínea 2D es la que se debe replantear en campo para facilitar el movimiento de tierras.

6.- SECCIONES BALSA CON CIVIL 3D

6.1.- Introducción

Vamos a crear a continuación las secciones transversales de la balsa y el terreno, así como la tabla de volúmenes.

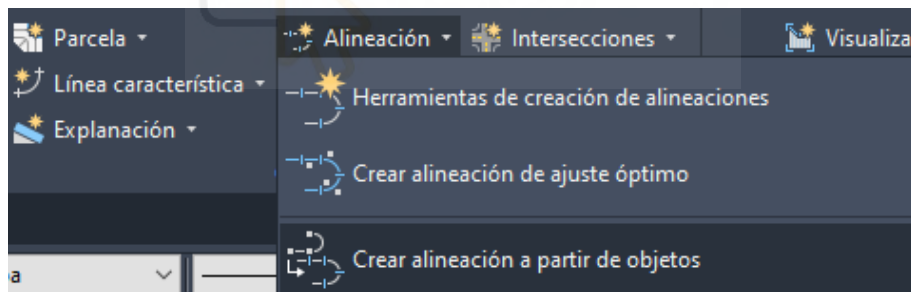
Para ello, dibujamos una polilínea 2D por el centro de la obra, de forma que abarque la totalidad de la explanación. Esta línea será la alineación sobre la que se crearán las líneas de muestreo (secciones transversales).



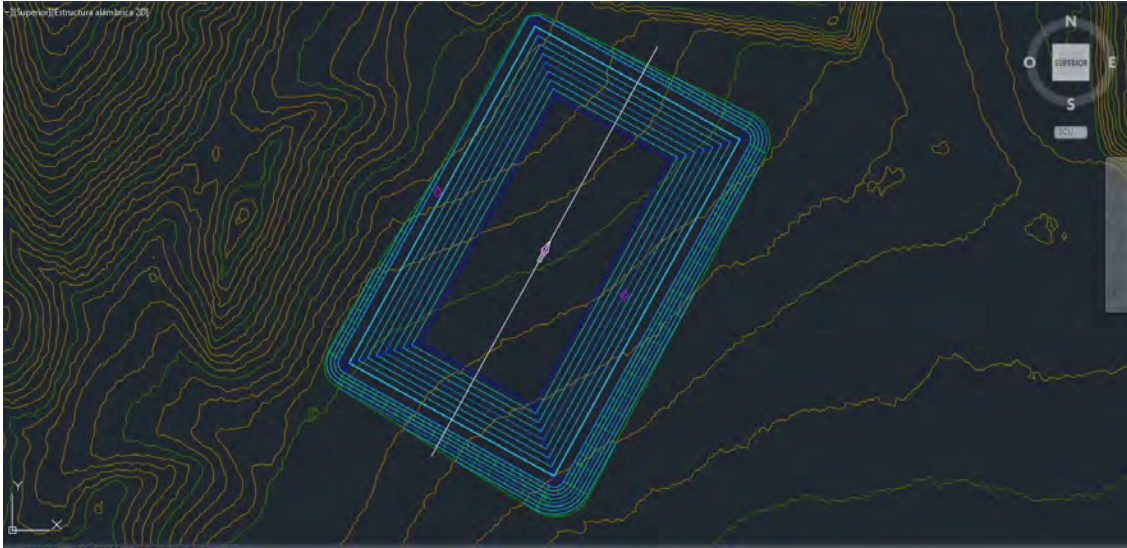
6.2.- Alineación

Creamos la Alineación a partir de la polilínea 2D dibujada que será el eje.

En la ficha **Inicio**, grupo **Crear diseño**, desplegamos el menú **Alineación** y seleccionamos **Crear alineación a partir de objetos**.



Seleccionamos la polilínea 2D. Seleccionamos la polilínea por el lado inferior, para que el sentido de las líneas transversales a dibujar sea de izquierda a derecha, de forma que las líneas de muestreo comenzarán por abajo y las secciones se dibujarán de abajo a arriba (de sur a norte).



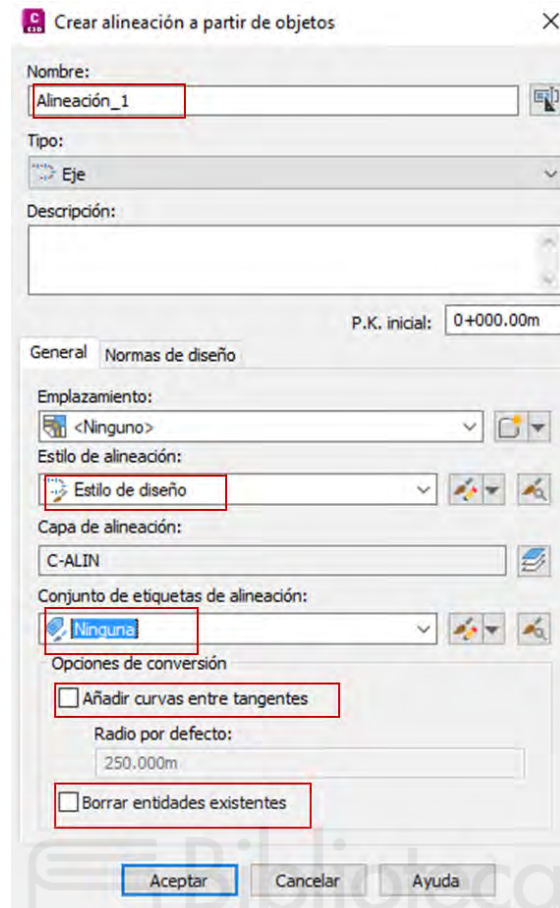
Seleccione la primera línea/arco/polilínea o [RefX]:

Seleccionar líneas/arcos o polilíneas para crear alineación: seleccionamos la polilínea por la zona más baja, hacia el sur.

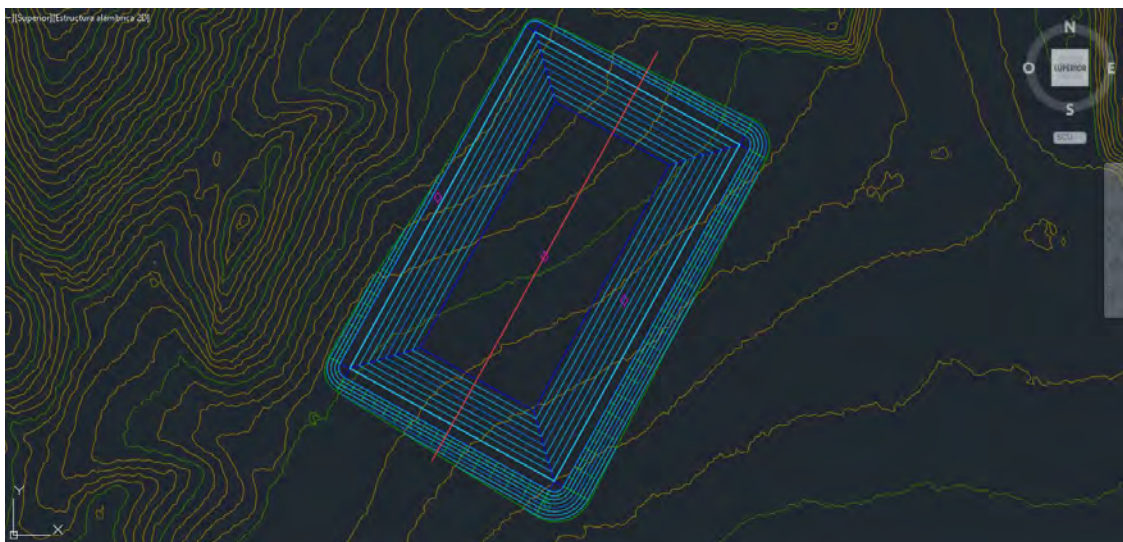
Pulse Intro para aceptar la orientación de la alineación o [Invertir]: pulsamos Intro (el sentido de la orientación será de sur a norte).

Se abre la ventana de Crear alineación a partir de objetos, donde establecemos los siguientes parámetros:

- Nombre: **Alineación_1**.
- Estilo de alineación: **Estilo de diseño** o **Básico** (por defecto).
- Conjunto de etiquetas de alineación: **Ninguna**.
- Desactivamos **“Añadir curvas entre tangentes”**.
- Desactivamos **“Borrar entidades existentes”** (opcional)

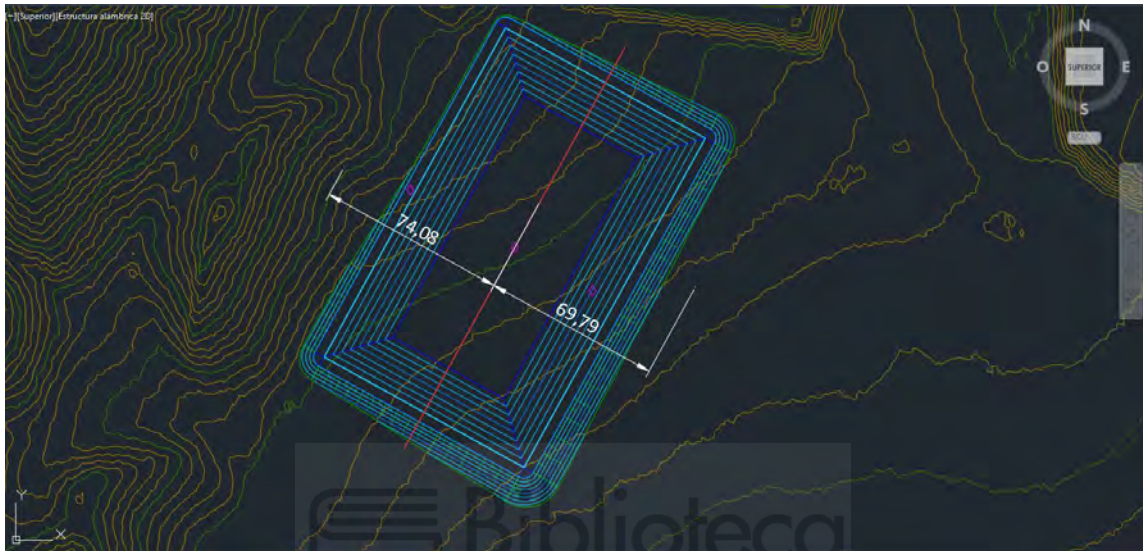


Se ha creado la línea característica.

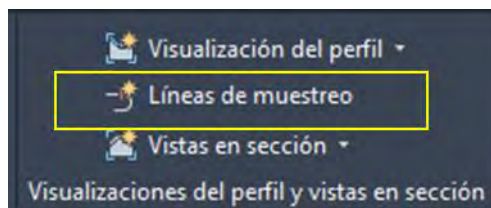


6.3.- Líneas de muestreo

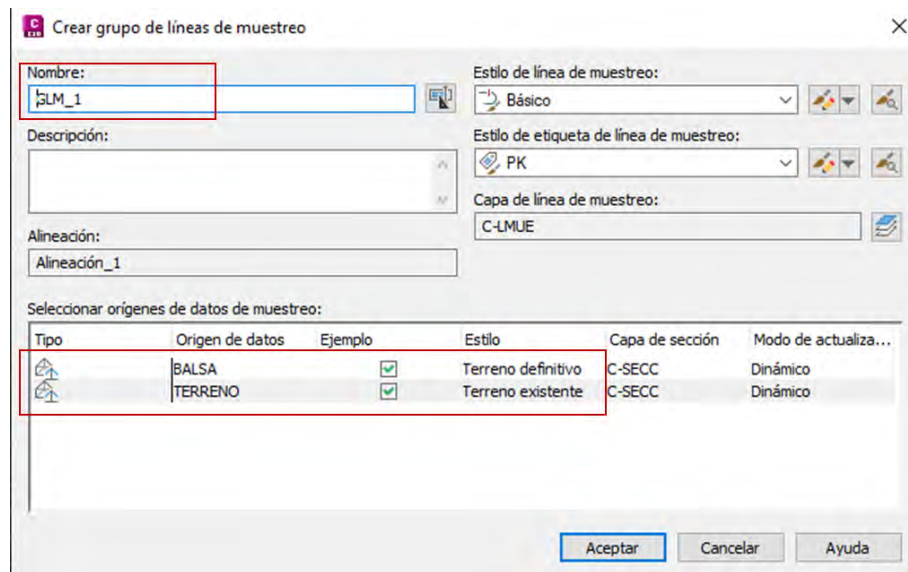
A continuación, comprobamos aproximadamente la distancia que hay a cada lado, desde el eje hasta el final de la explanación, para tener una idea de la distancia que deben tener las líneas de muestreo (secciones transversales) a cada lado del eje. Comprobamos que con 70 m a cada lado del eje nos sobra, por lo que las líneas de muestreo deberán tener una longitud total de **140 m**.



En la ficha **Inicio**, grupo **Visualizaciones del perfil y vistas de sección**, seleccionamos **Líneas de muestreo**.




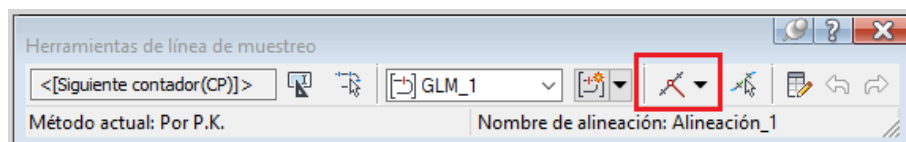
En la ventana **Crea grupo de líneas de muestreo** le ponemos nombre al grupo **"GLM_1"** y activamos las casillas de las dos superficies que intervienen en la creación de las secciones: **"TERRENO"** y **"BALSA"**.

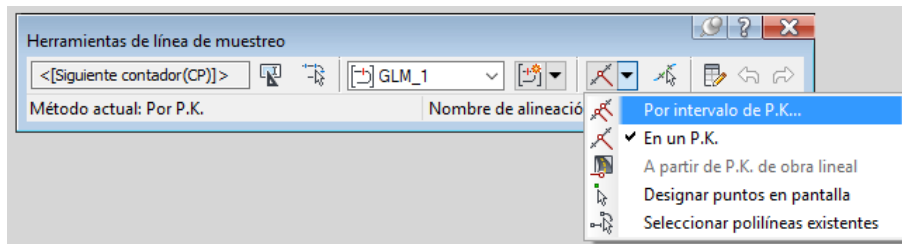


En la pantalla, el cursor cambia a un marcador de color rojo y en la ventana de **Comando** nos indica “Especificar P.K. en línea base:”. Podemos indicar los puntos a discreción de la alineación donde se dibujarán las líneas de muestreo, pero vamos a optar por dibujarlas según un intervalo fijo.



En la ventana **Herramientas de líneas de muestreo** desplegando el icono  y seleccionamos **Por intervalo de P.K.**

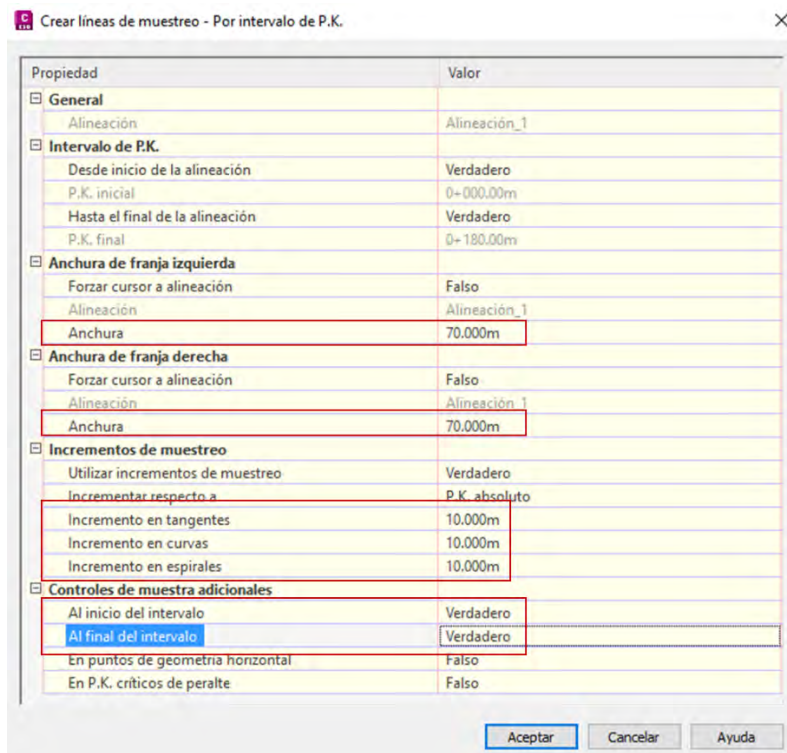




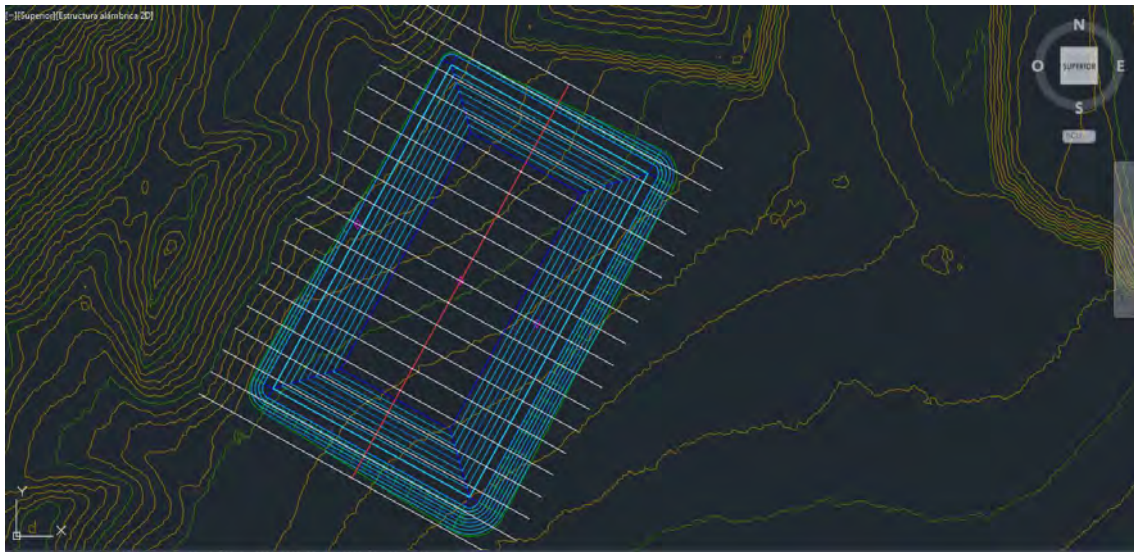
Se abre la ventana donde establecemos los siguientes parámetros:

- Anchura de la franja izquierda:
 - o Anchura: 70 m
- Anchura de franja derecha:
 - o Anchura: 70 m
- Incrementos de muestreo:
 - o Incremento en tangente: 10 m
 - o Incremento en curvas: 10 m
 - o Incremento en espirales: 10 m
- Controles de muestra adicionales:
 - o Al inicio del intervalo: Verdadero
 - o Al final del intervalo: Verdadero

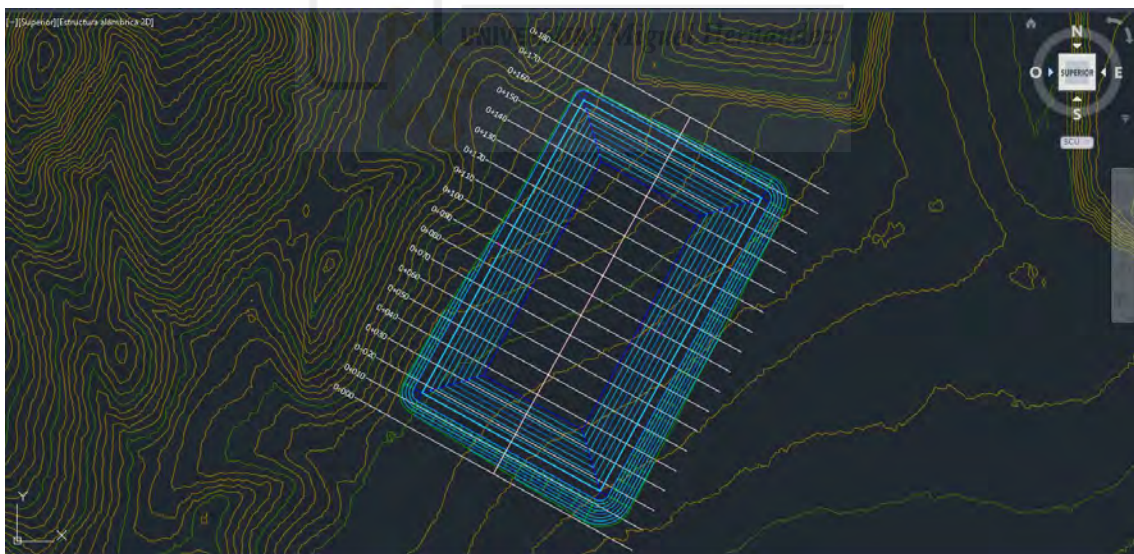
Configuramos los incrementos, anchuras y controles de muestra adicionales como se indica en la imagen.



Hacemos clic en **Aceptar** y se dibujan las líneas de muestreo (líneas transversales).

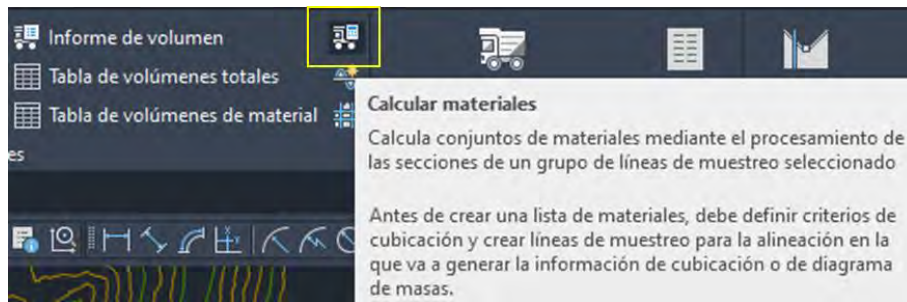


Con su etiqueta de P.K. correspondiente a la izquierda de cada línea.

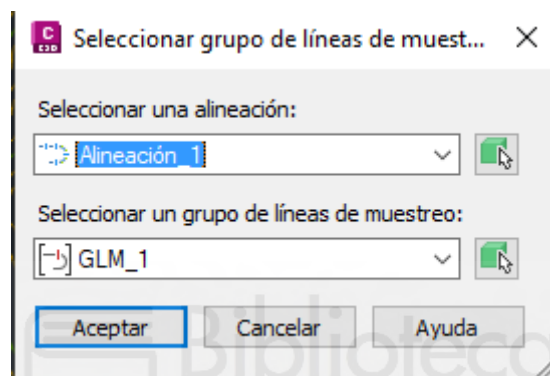


6.4.- Definición de materiales

En la ficha **Analizar**, en el grupo **Volúmenes y materiales** seleccionamos el icono de la imagen **Calcular materiales**.

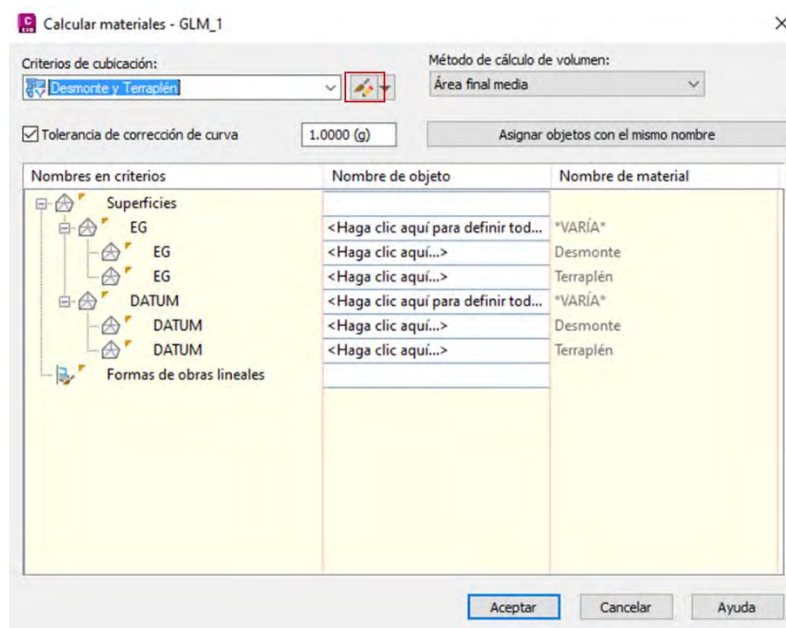


Como alineación, seleccionamos nuestra "Alineación_1" y como grupo de líneas de muestreo, nuestras líneas "GLM_1". Pulsamos **Aceptar**.

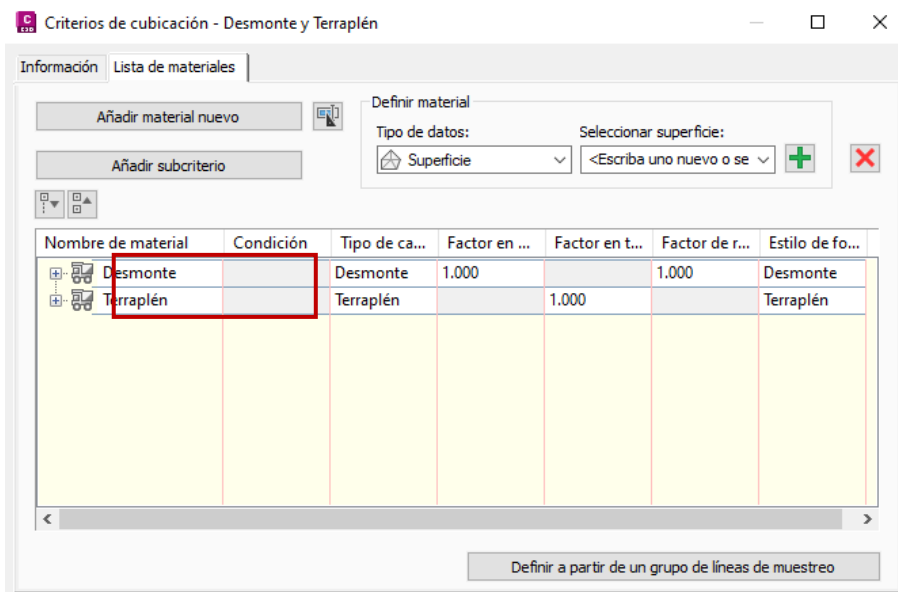


Se abre la ventana para **Calcular materiales del grupo-"GLM_1"**.

En la ventana de **Criterio de cubicación**, aparece por defecto el estilo Desmonte y Terraplén. Pulsamos el icono para editar el estilo.

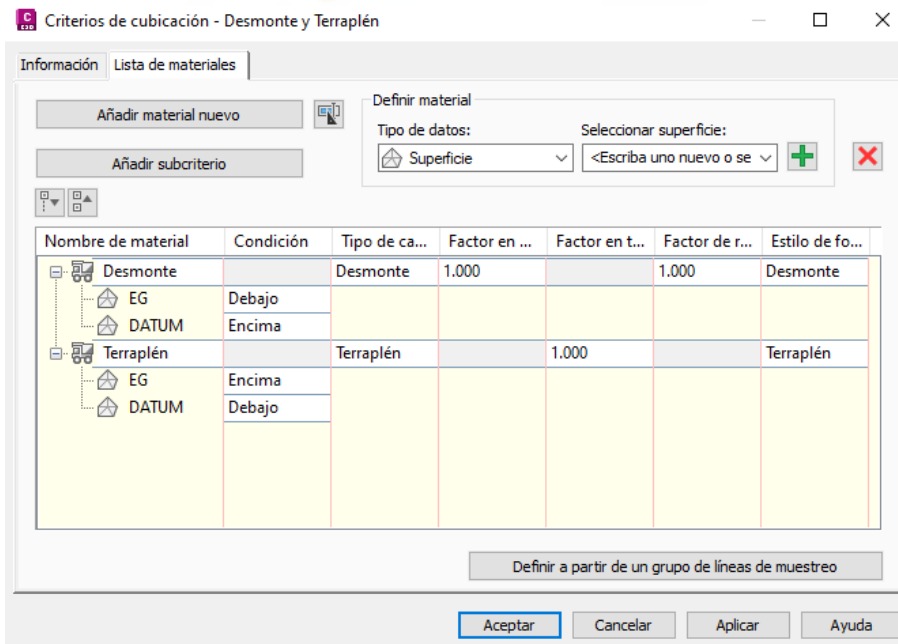


En la pestaña **Lista de materiales** desplegamos +Desmante y +Terraplén.

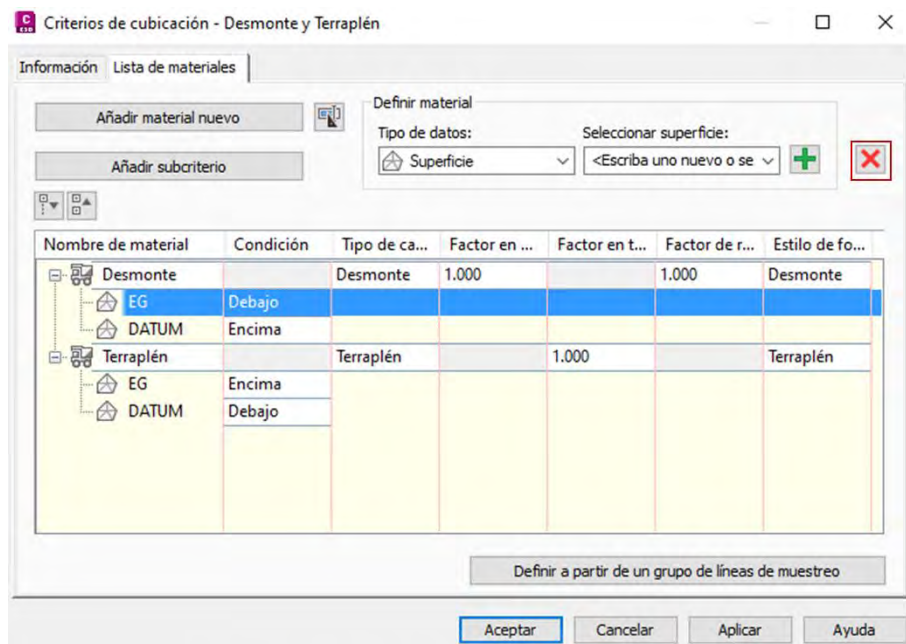


Conviene prestar atención a la **Condición** que se establece a cada material en el tipo de cantidad (Desmante y Terraplén).

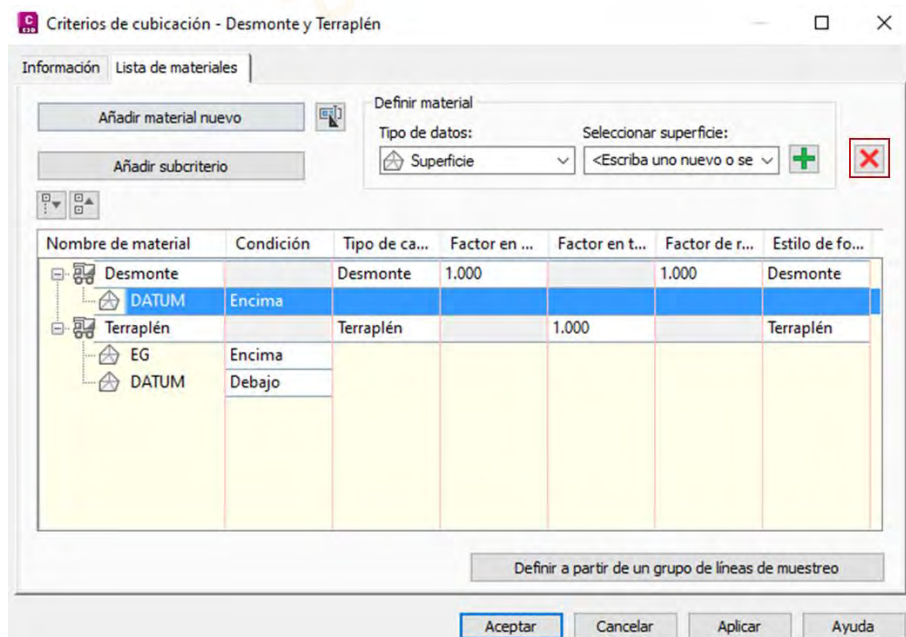
- EG: *Existing Ground* (terreno existente)
- DATUM: proyecto (balsa)



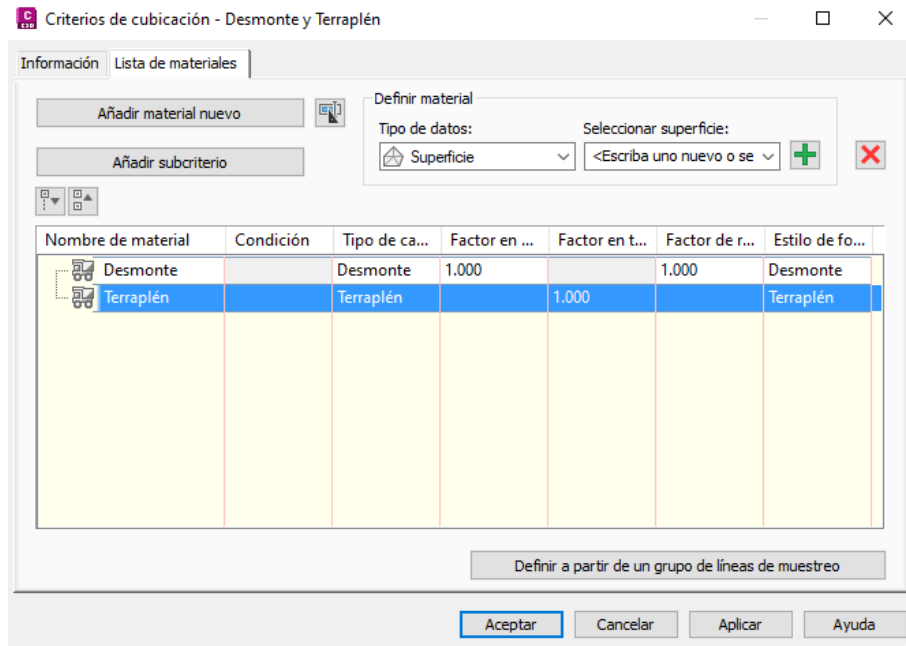
Ahora, procedemos a eliminar los materiales EG y DATUM, para añadir los materiales de nuestro dibujo (TERRENO y BALSA).




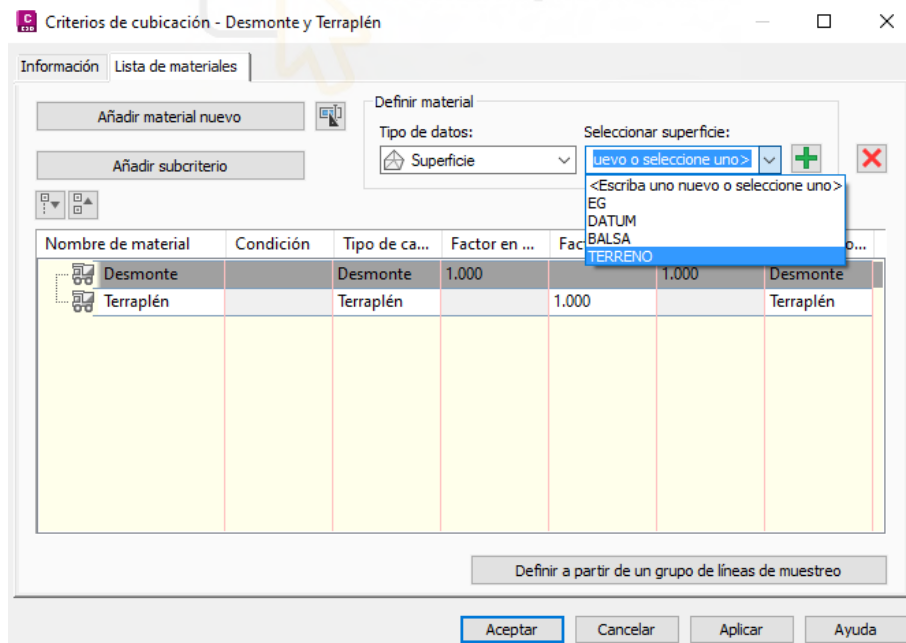
Para ello, seleccionamos cada uno de los materiales y los eliminamos con el icono del aspa roja.



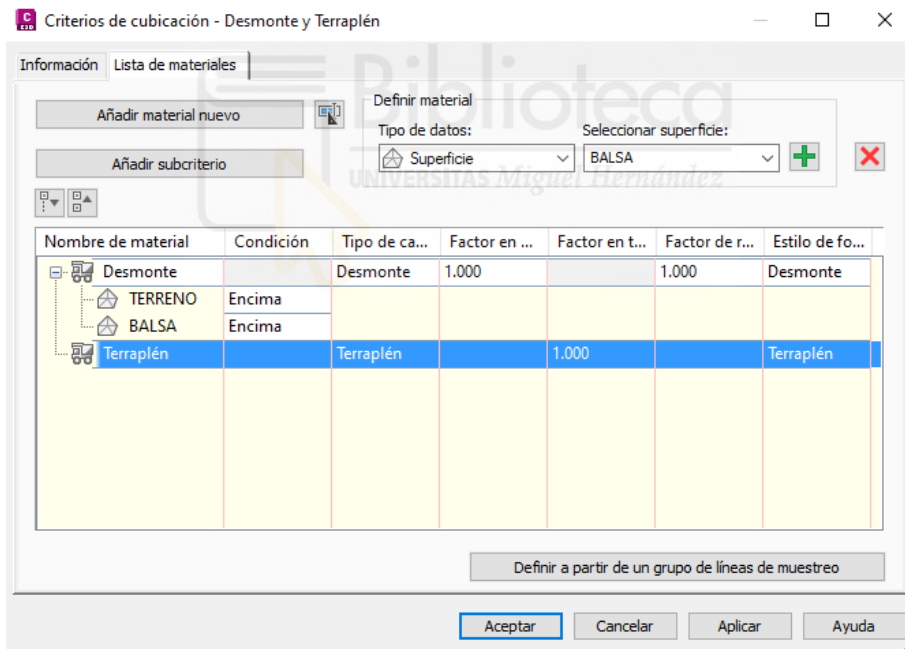
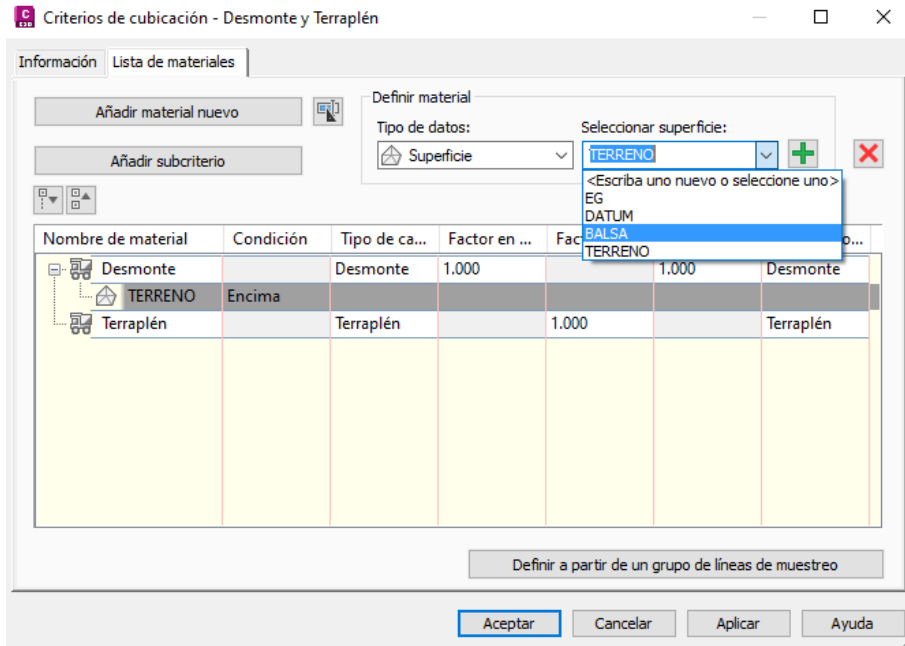
Vamos eliminando los materiales hasta que queda vacía la lista de materiales.



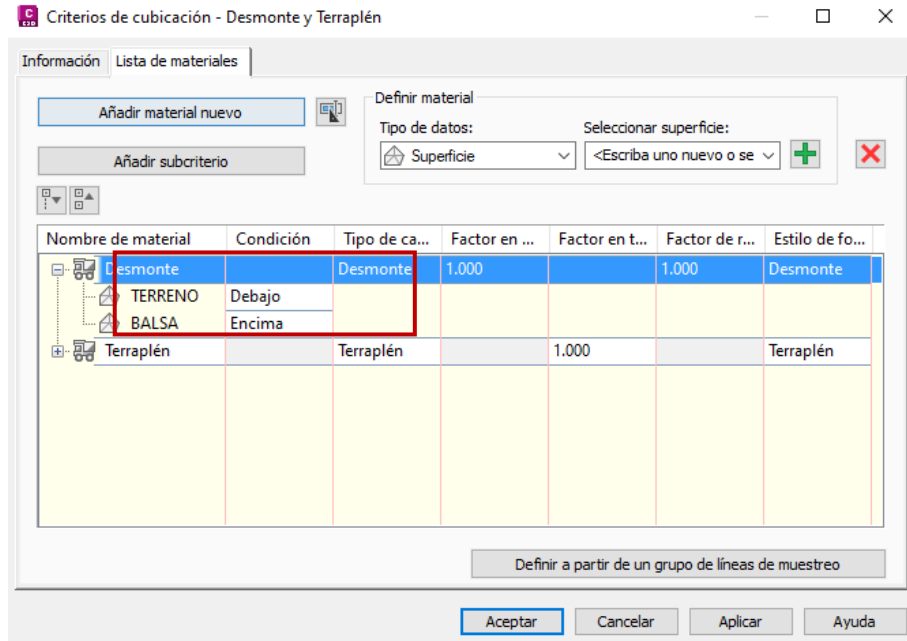
Ahora, seleccionamos el material Desmonte y en el desplegable **Seleccionar superficie**, vamos añadiendo la superficie TERRENO pulsando sobre el icono .



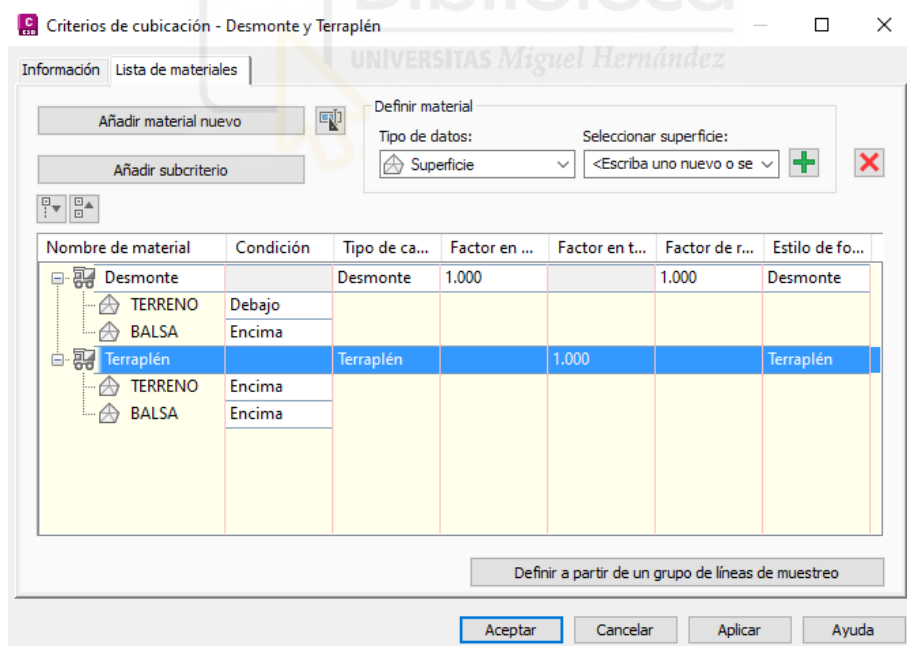
Y a continuación la superficie BALSA, pulsando sobre el icono .



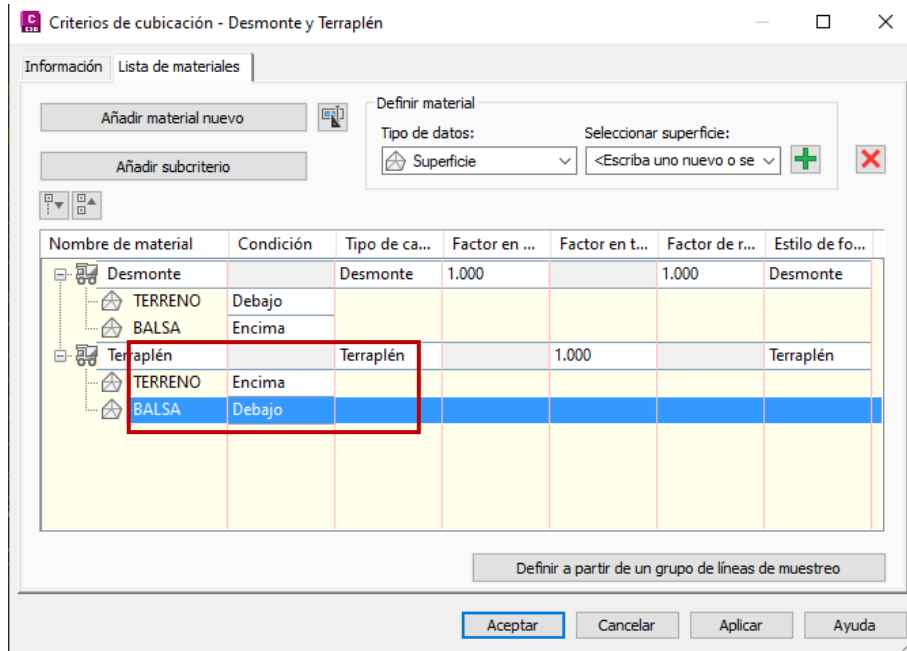
En la **Condición**, establecemos Debajo para el TERRENO y Encima para la BALSA.



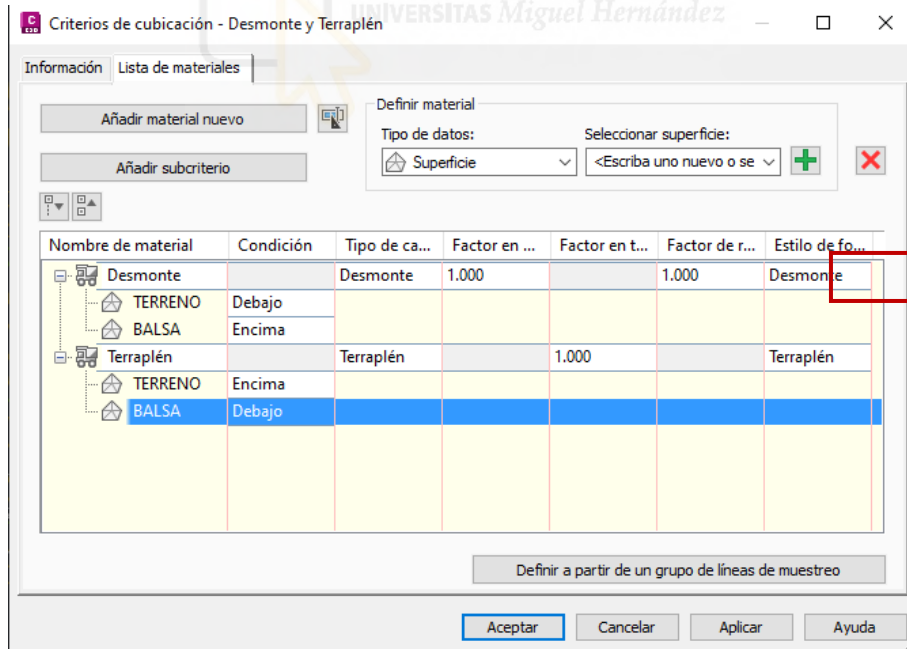
Repetimos todo el proceso anterior con el material Terraplén.



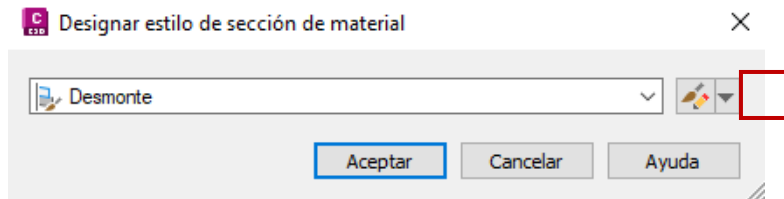
En la **Condición**, establecemos Encima para el TERRENO y Debajo para la BALSA.



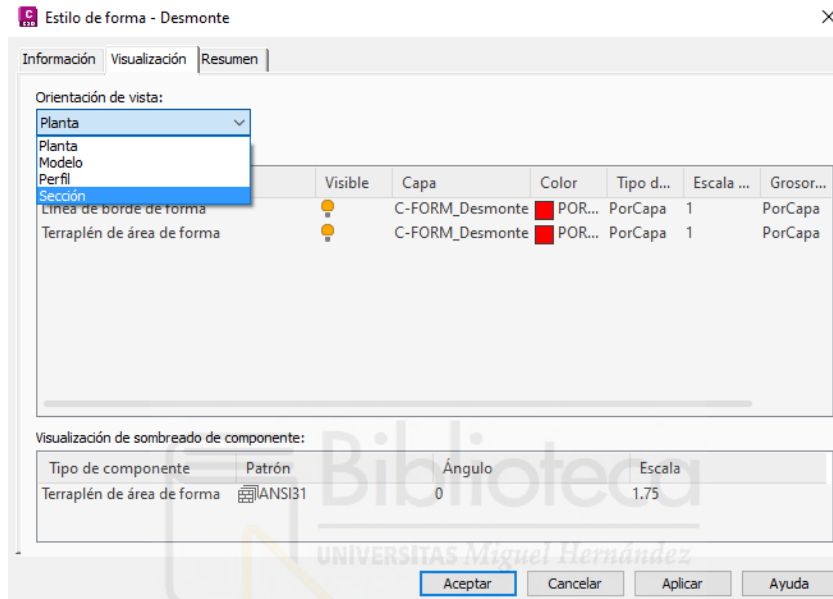
A continuación, en el **Estilo de forma** pinchamos en “Desmonte”, y procedemos a editar el estilo Desmonte.



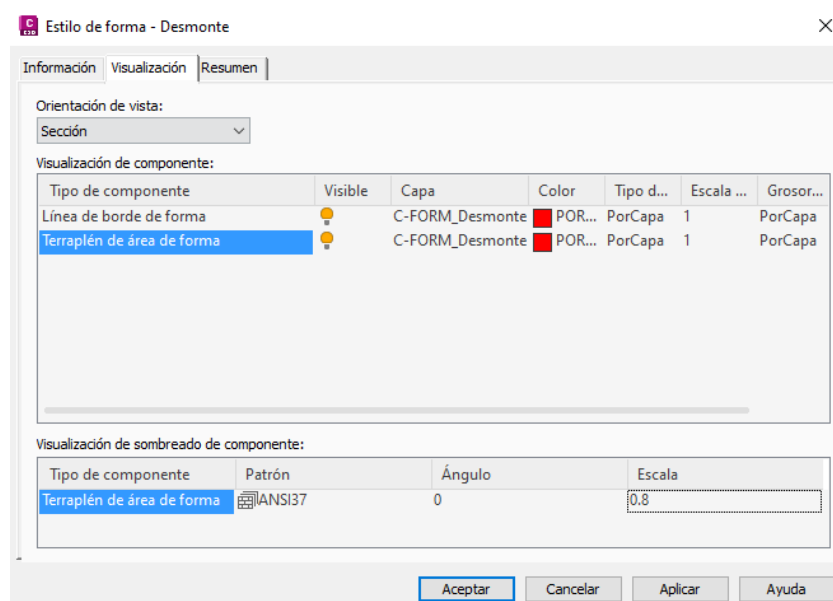
Procedemos a editar el estilo Desmonte.



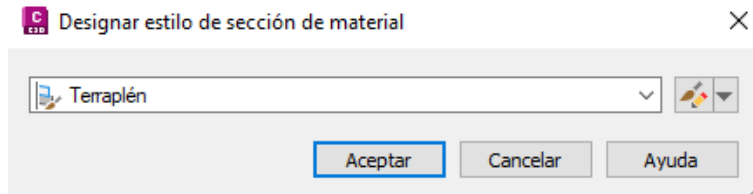
En la **Orientación de vista**, establecemos Sección.



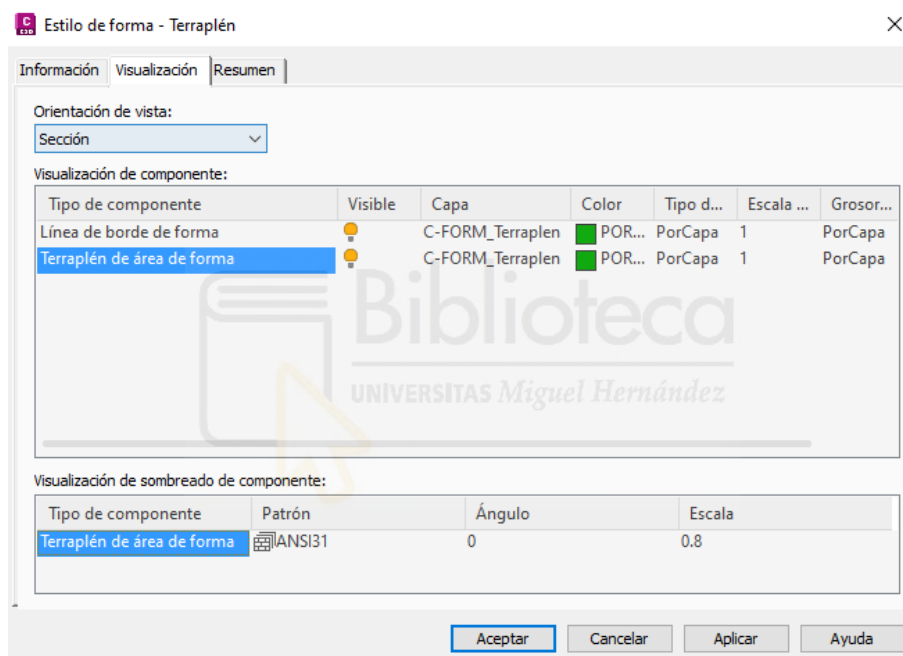
Y editamos los estilos de visualización de la línea de sección del desmonte, la línea de área y el sombreado.



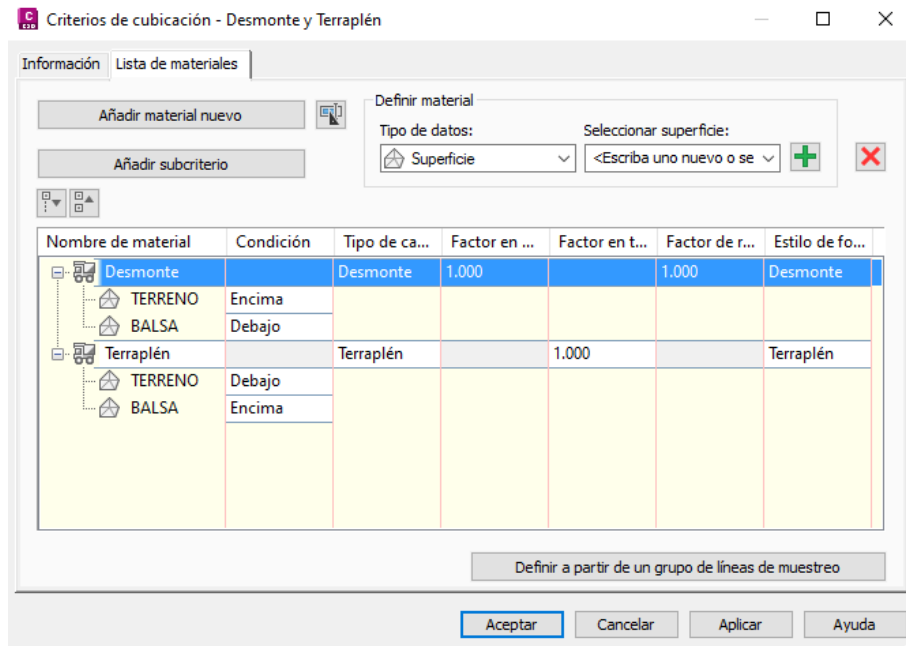
Hacemos lo mismo con en el **Estilo de forma** “Terraplén”.



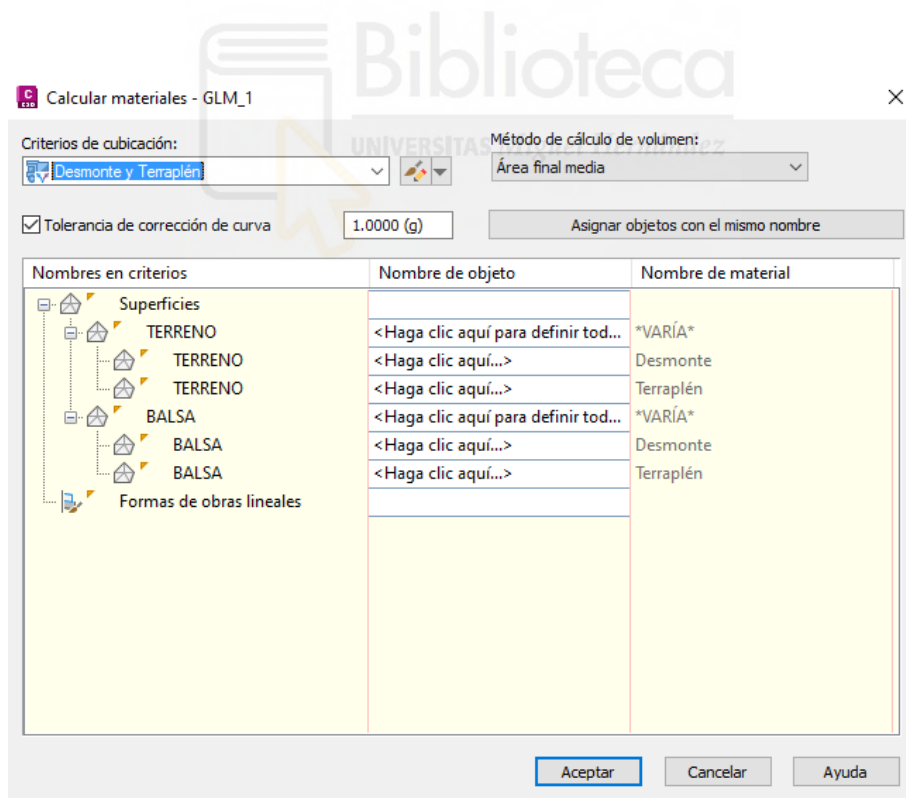
Editamos los estilos de visualización de la línea de sección del terraplén, la línea de área y el sombreado.



IMPORTANTE: Si la **Orientación de vista** está seleccionada el tipo Planta, cualquier modificación del estilo de visualización, NO será efectivo.

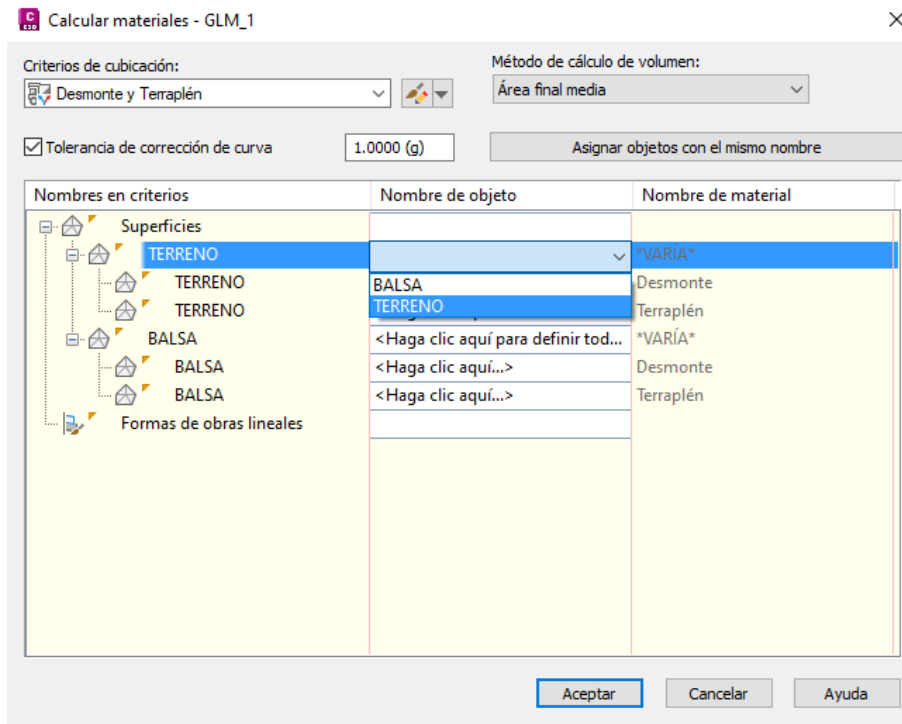


Una vez establecido los estilos, pulsamos **Aceptar** hasta regresar a la ventana **Calcular materiales del grupo "GLM_1"**.

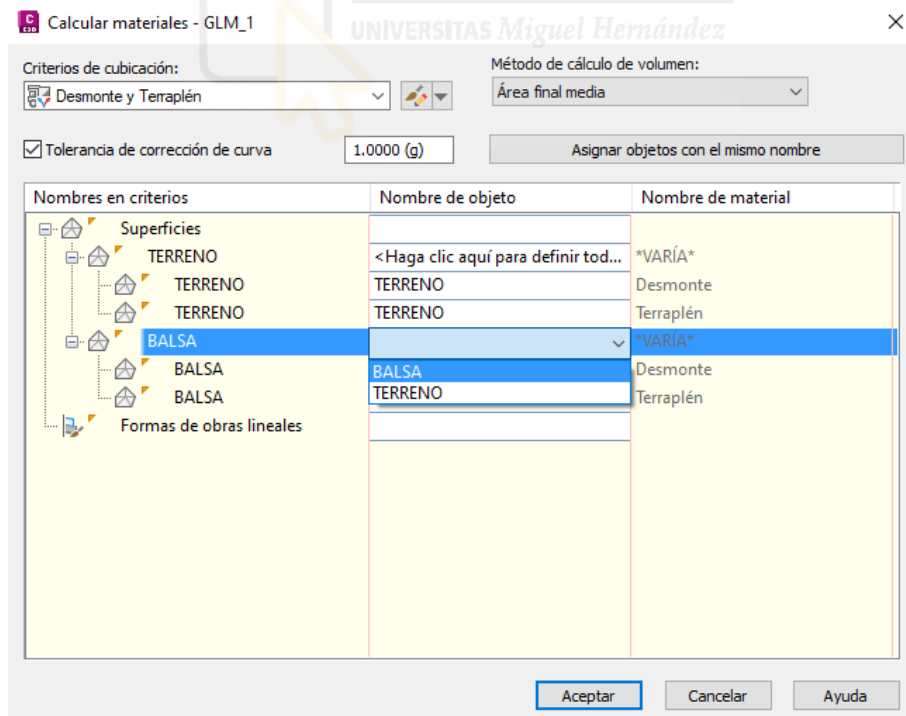


En esta ventana, con los criterios establecidos, tenemos que asignar los **Nombres de objetos** quedando establecidos como se indica en las siguientes imágenes.

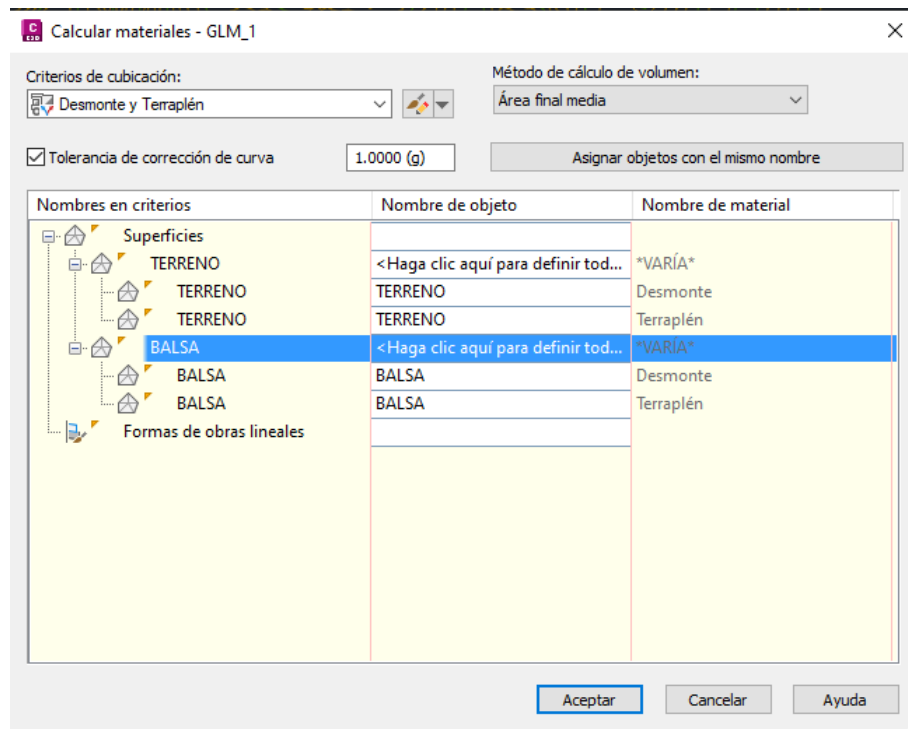
Para la superficie **TERRENO**, seleccionamos el Nombre de objeto **"TERRENO"**.



Para la superficie *BALSA*, seleccionamos el Nombre de objeto “*BALSA*”.



Una vez configurada la ventana *Calcular materiales del grupo “GLM_1”* pulsamos **Aceptar**.



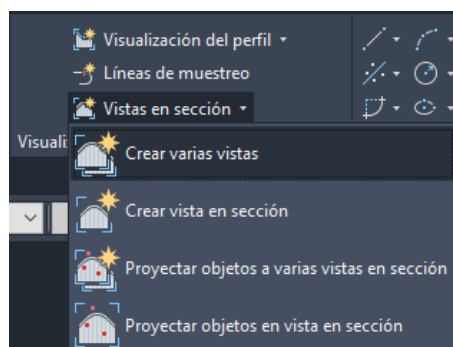
Los materiales del grupo de líneas de muestreo están definidos.



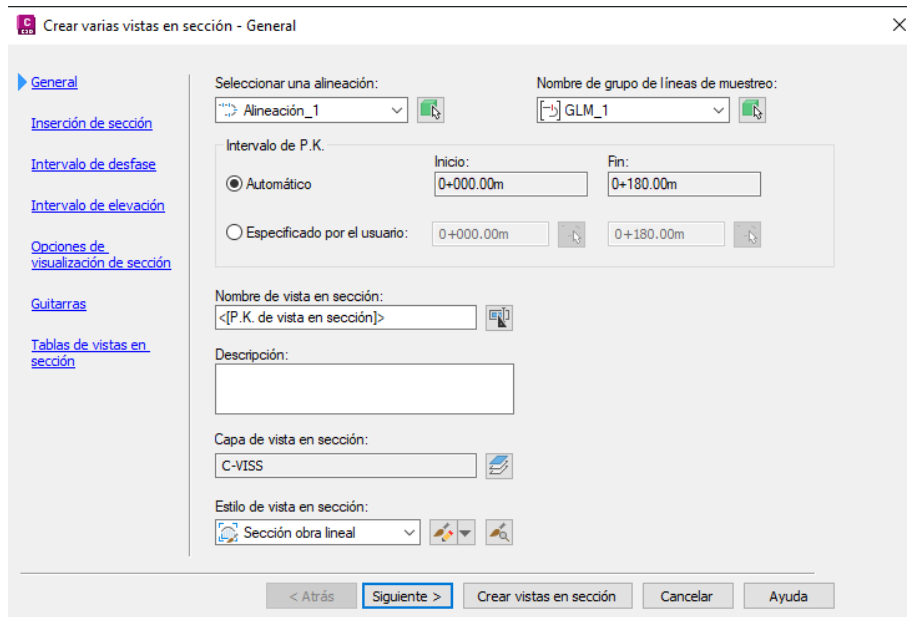
6.5.- Crear varias vistas

Ahora procedemos a dibujar los perfiles transversales, denominados **Vistas en sección**.

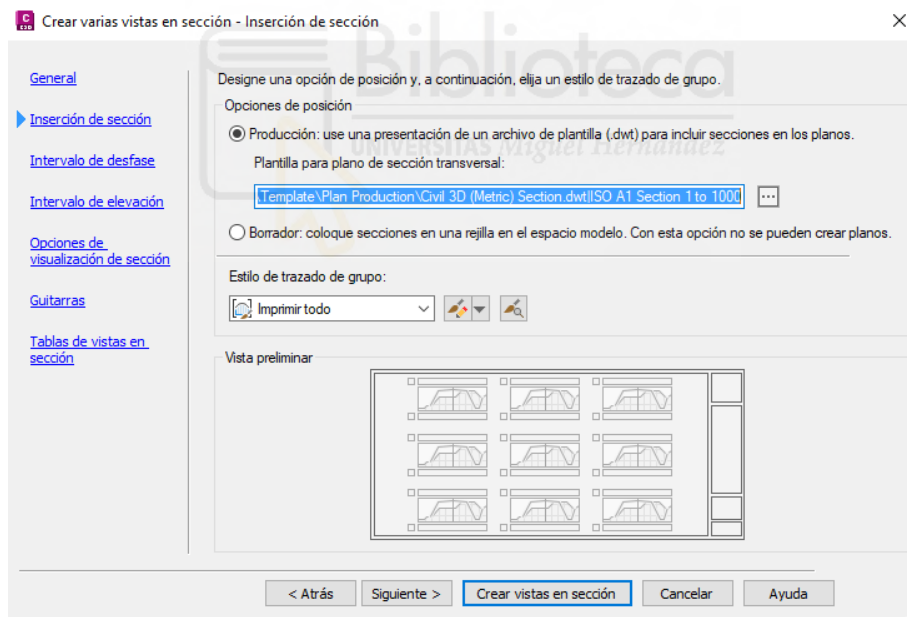
En la Ficha **Inicio** <> grupo **Visualizaciones del perfil y vistas en sección** desplegamos **Vistas en sección** y seleccionamos **Crea varias vistas**.



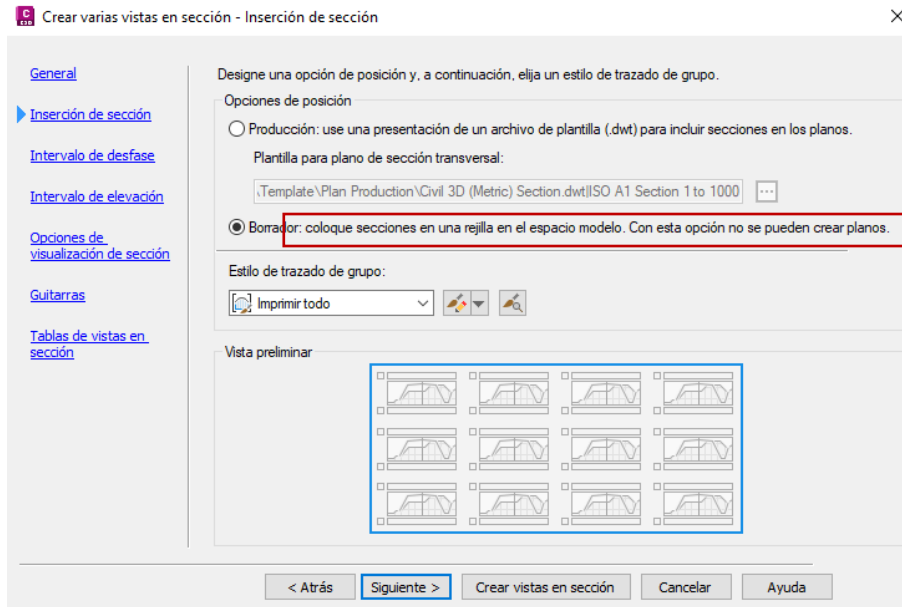
Se abre la ventana **Crear varias vistas en sección** en la primera pestaña **General**. En esta ventana aparece nuestra **Alineación_1** y nuestro grupo **GLM_1** por defecto.



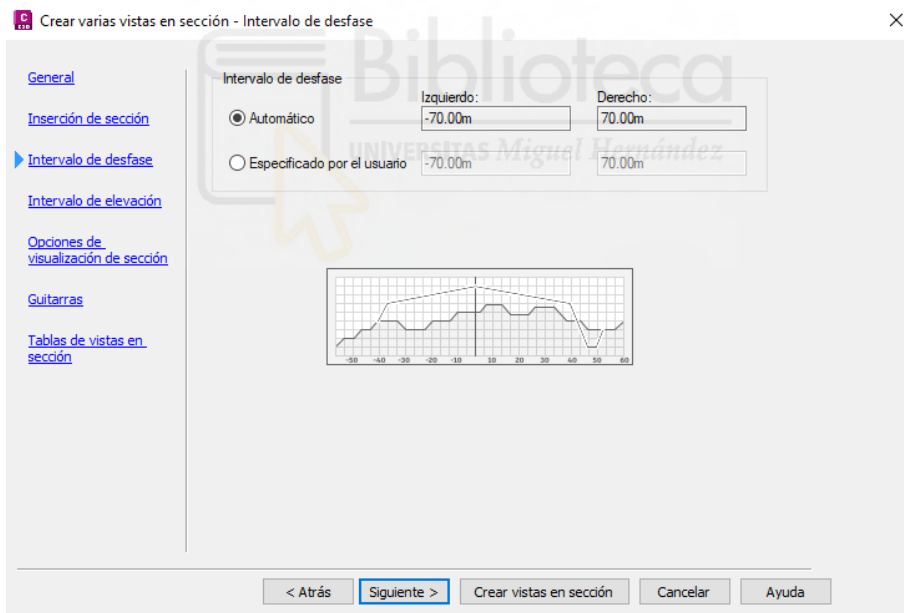
Hacemos clic en **Siguiete**.



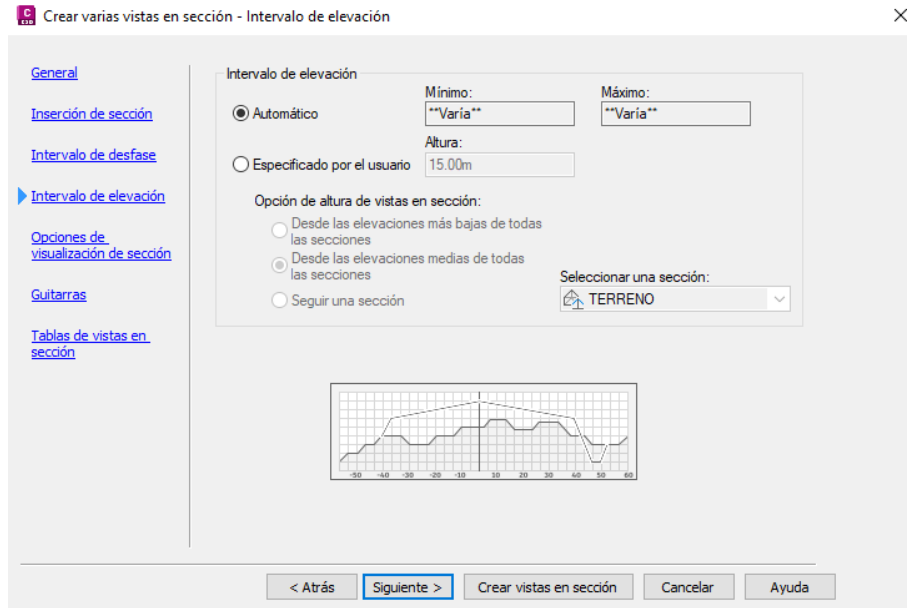
En la ventana **Inserción de sección** podemos establecer una plantilla para el dibujo de las secciones, pero optamos por activar la casilla **Borrador...**



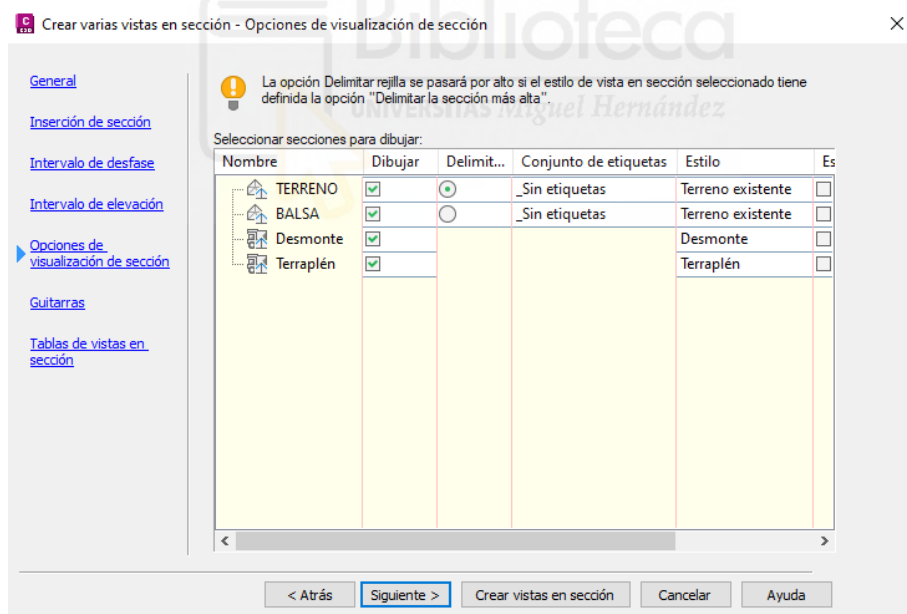
Hacemos clic en **Siguiente**.



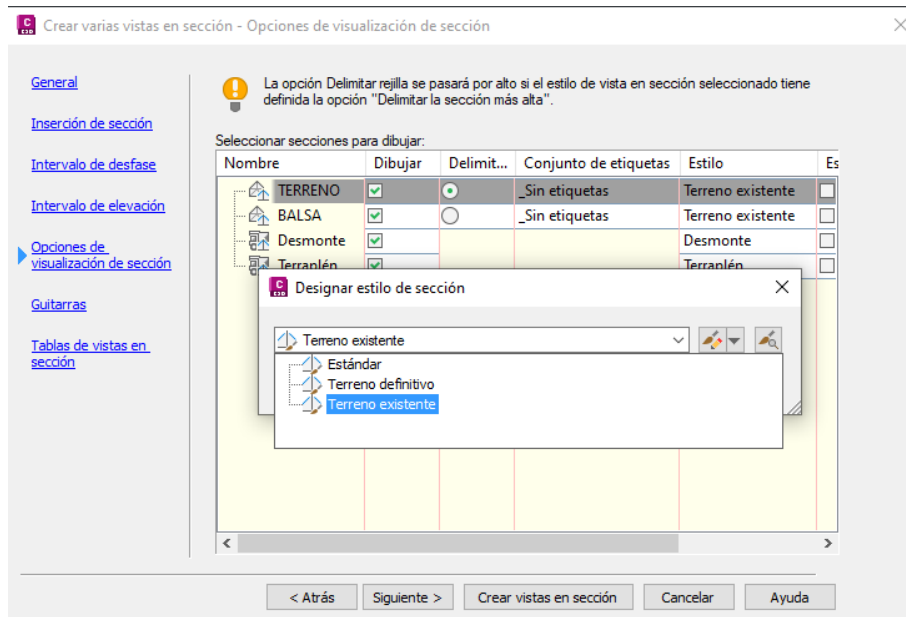
En la ventana **Intervalo de desfase**, dejamos los parámetros por defecto. Hacemos clic en **Siguiente**.



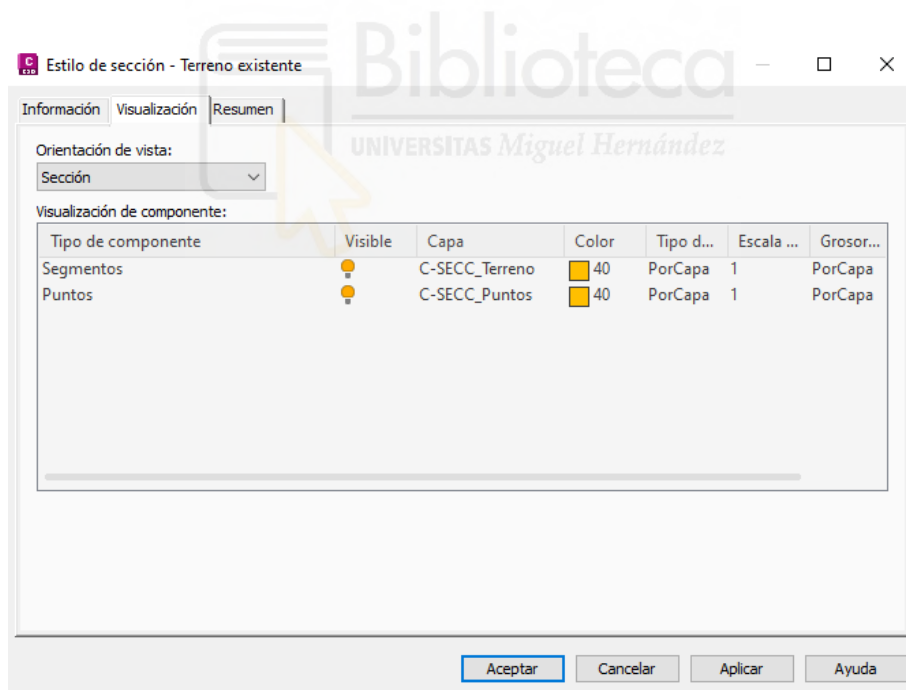
En la ventana **Intervalo de elevación**, dejamos los parámetros por defecto. Hacemos clic en **Siguiente**.



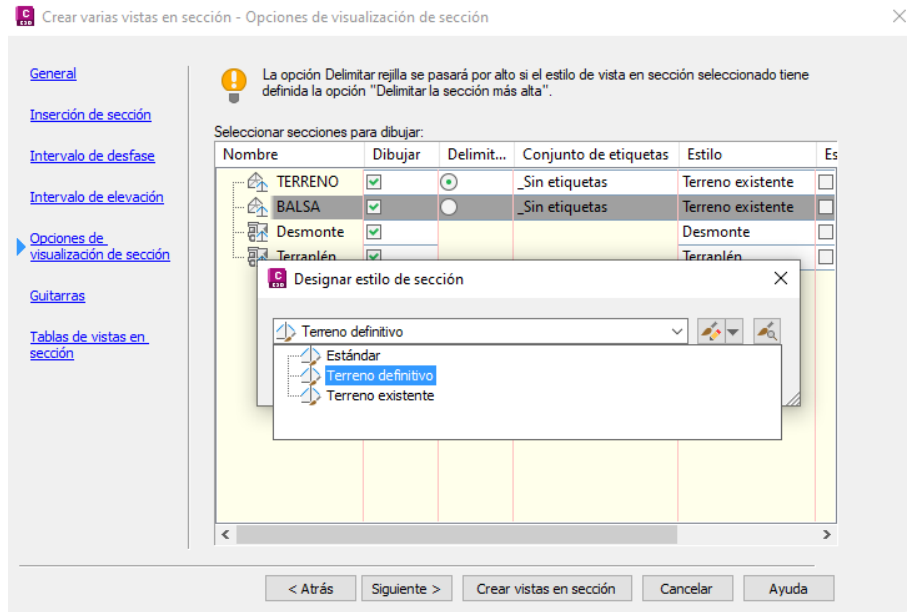
En la ventana **Opciones de visualización de sección** nos deben aparecer las cuatro secciones que se van a dibujar (TERRENO, BALSA, Desmonte y Terraplén). Podemos modificar el estilo de la línea de la sección del TERRENO y de la BALSA, pulsando en el estilo Estándar.



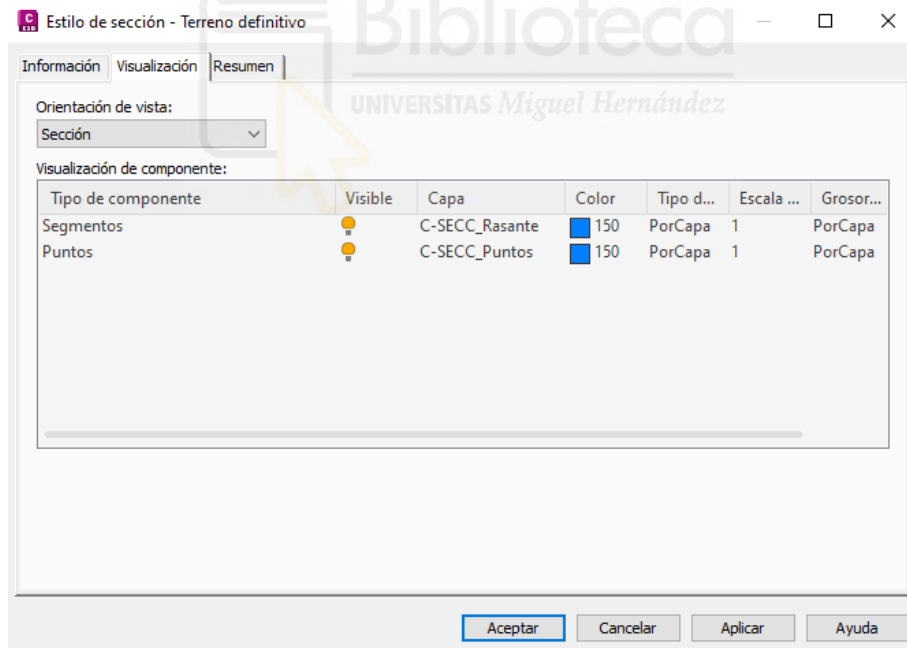
Al TERRENO le asignamos el estilo Terreno existente editando la visualización del estilo de la línea de la sección del terreno.

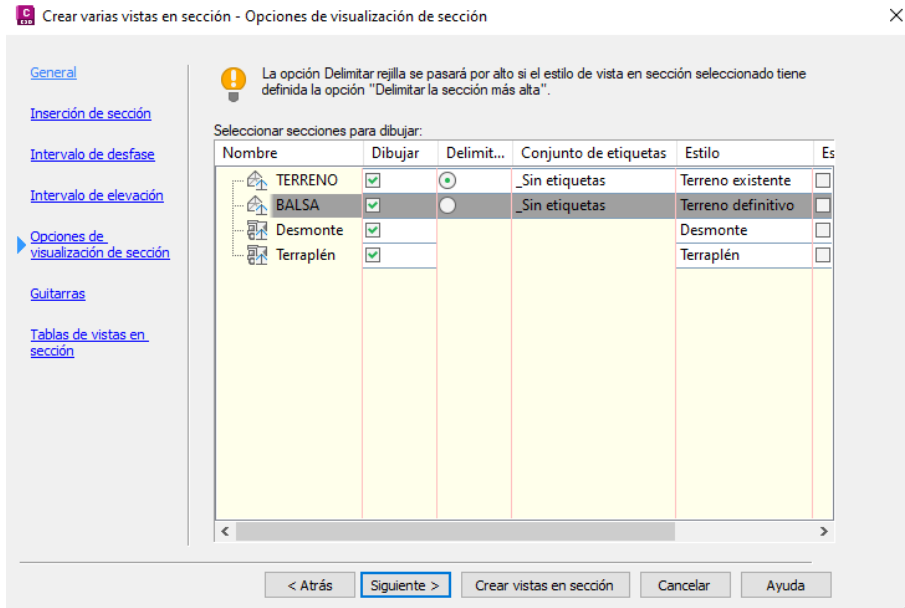


Y a la BALSA le asignamos el estilo Terreno definitivo editando la visualización del estilo de la línea de la sección de la balsa.

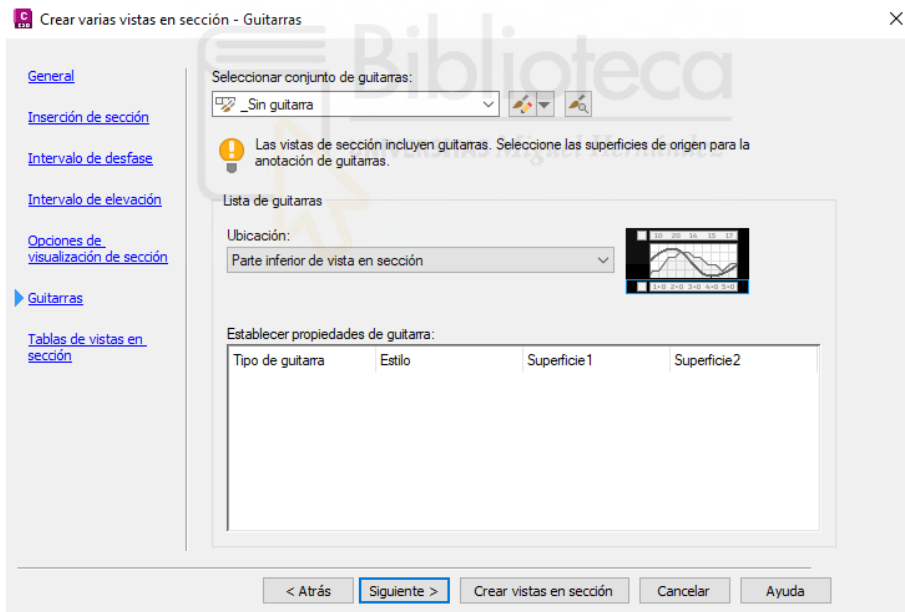


Y a la BALSA le asignamos el estilo Terreno definitivo editando la visualización del estilo de la línea de la sección de la balsa.

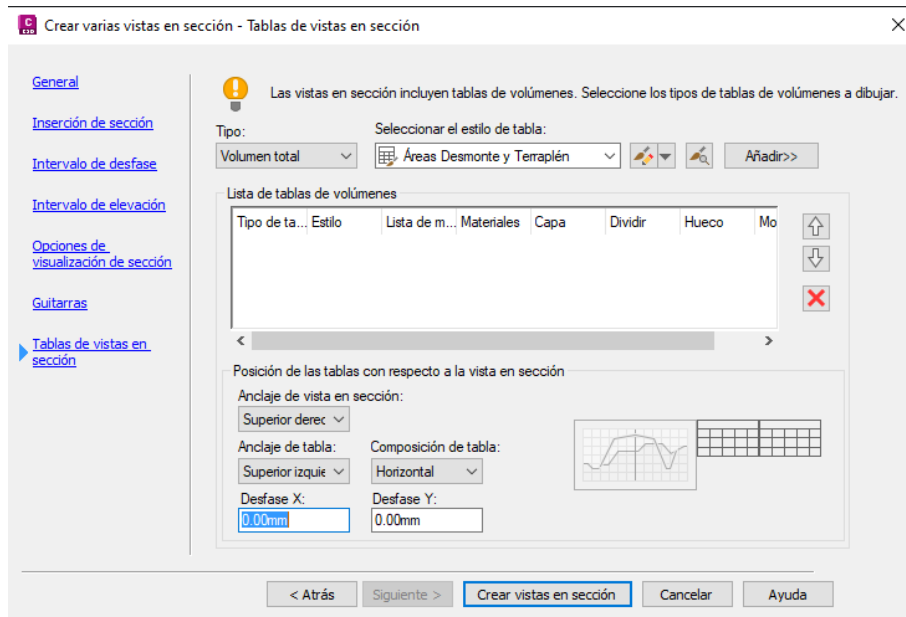




Hacemos clic en **Siguiente**.



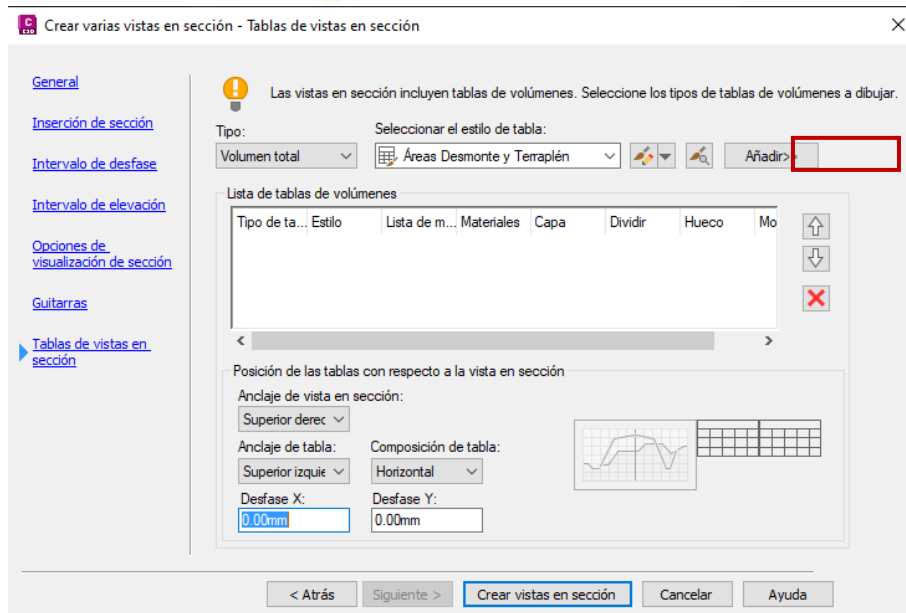
En la ventana **Guitarras** dejamos los parámetros por defecto. Hacemos clic en **Siguiente**.



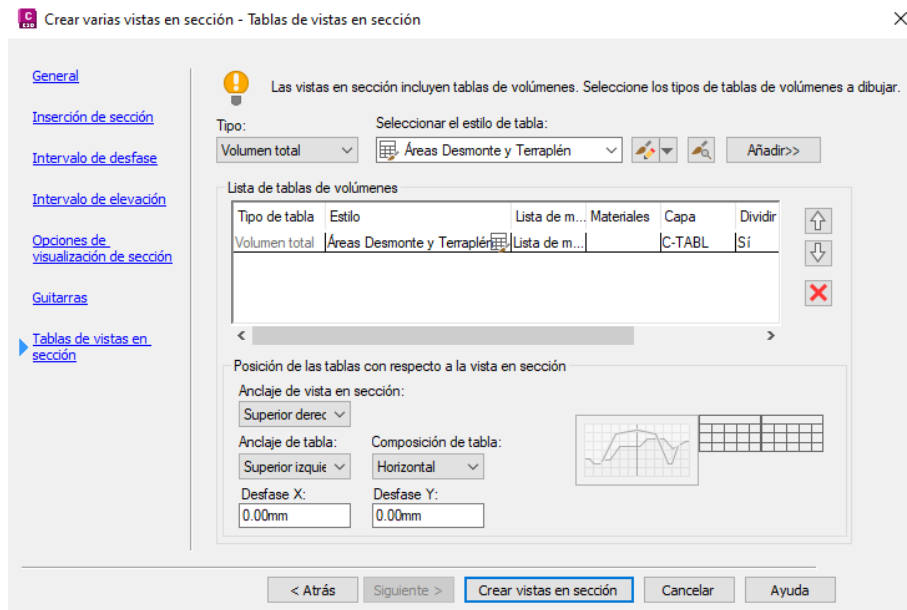
En la última ventana **Tabla de vistas en sección** vamos a añadir una pequeña tabla de datos a cada una de las secciones, que visualice el área de desmonte y de terraplén, el volumen de desmonte y terraplén acumulado y el volumen neto de cada sección.

Seleccionamos los siguientes parámetros:

- Tipo: Volumen total.
- Seleccionar el estilo de tabla: Áreas Desmonte y Terraplén.

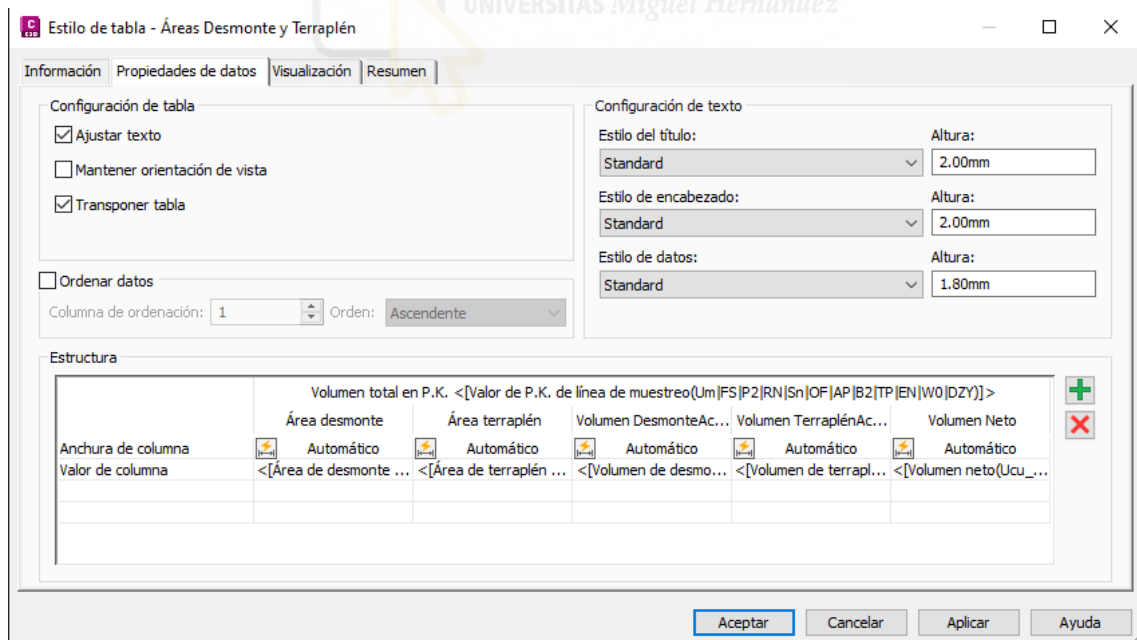


Hacemos clic en **Añadir>>**.

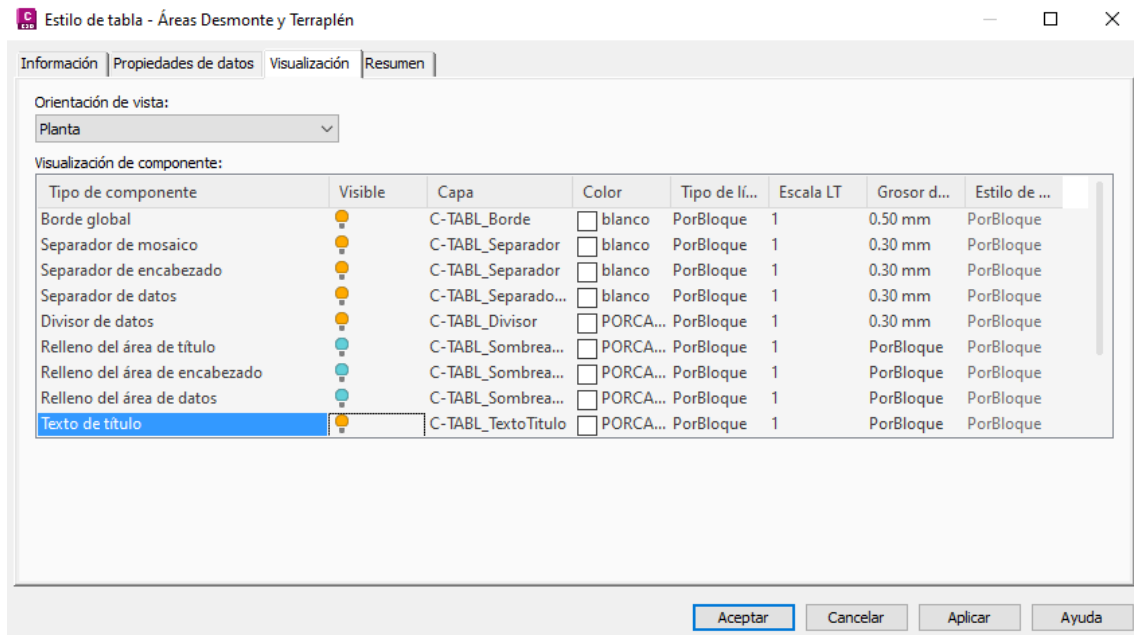


Se añade una tabla (ya creada y editada en nuestra plantilla de dibujo Civil 3D) en la ventana de **Lista de tablas de volúmenes**.

El **Estilo de tabla** configurado presenta la siguiente estructura, que podemos editar en la pestaña **Propiedades de datos**:

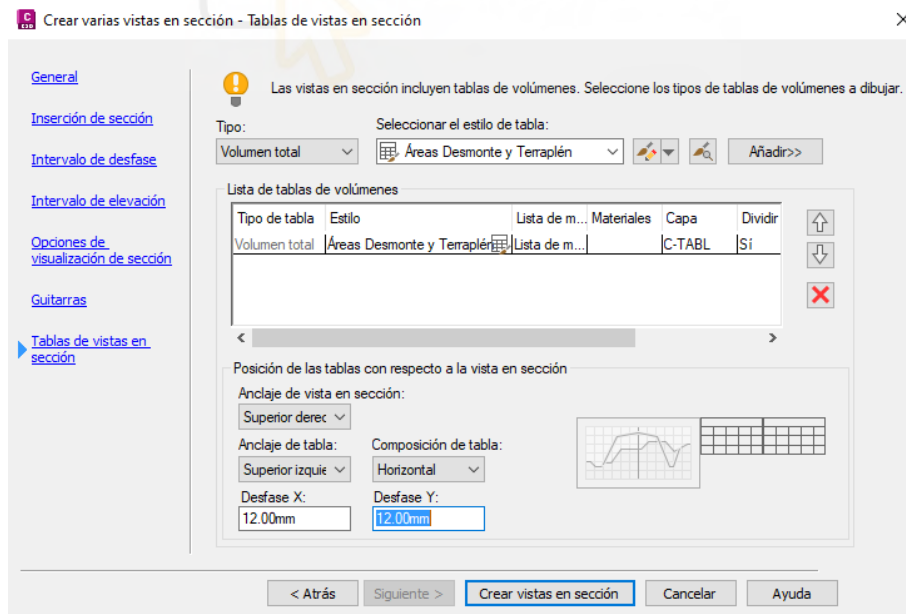


Y configurar la visibilidad y estilos de los componentes de la tabla en la pestaña **Visualización**:



Pulsamos **Aceptar**.

En la ventana de **Crear varias vistas- Tablas de vistas en sección**, establecemos en el **Desfase en X** el valor **12** y en el **Desfase en Y** el valor **12**, para que se separe la tabla de la rejilla de la sección.

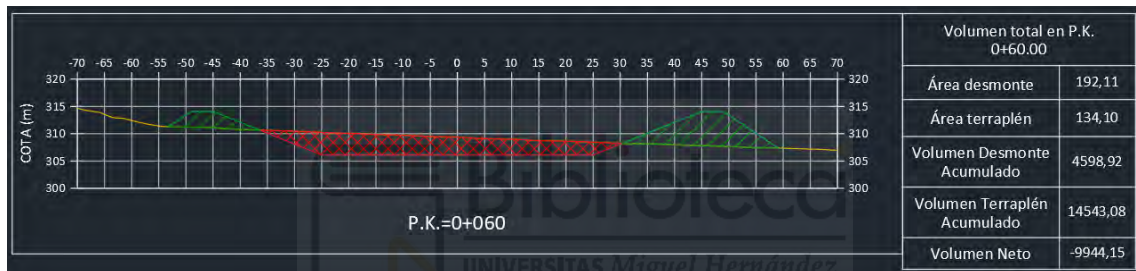


Hacemos clic en **Crear vistas en sección**.

Pinchamos en un punto del dibujo y se crean las secciones con los sombreados definidos para el desmonte y terraplén, así como la tabla de datos a cada lado de la sección.

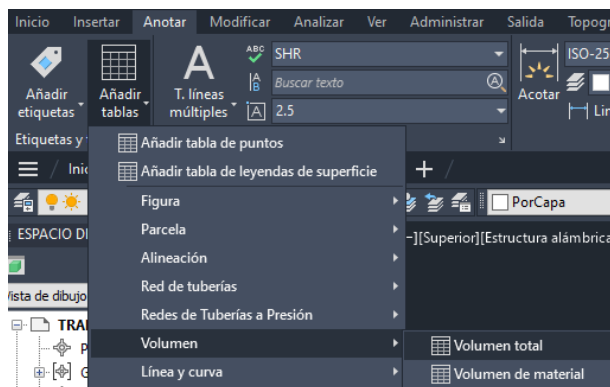


Detalle de una sección dibujada

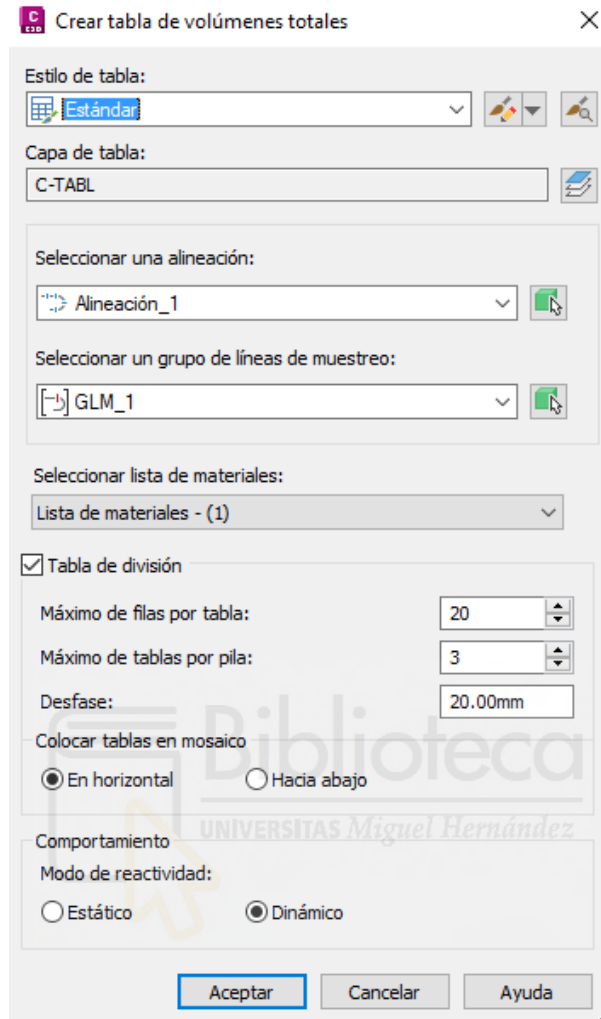


6.6.- Añadir tabla de volúmenes

Una vez dibujadas las secciones, podemos incorporar una tabla de volúmenes. En la ficha *Anotar*, grupo **Etiquetas y tablas**, desplegamos **Añadir tablas**, desplegamos **Volumen** y seleccionamos **Volumen total**.

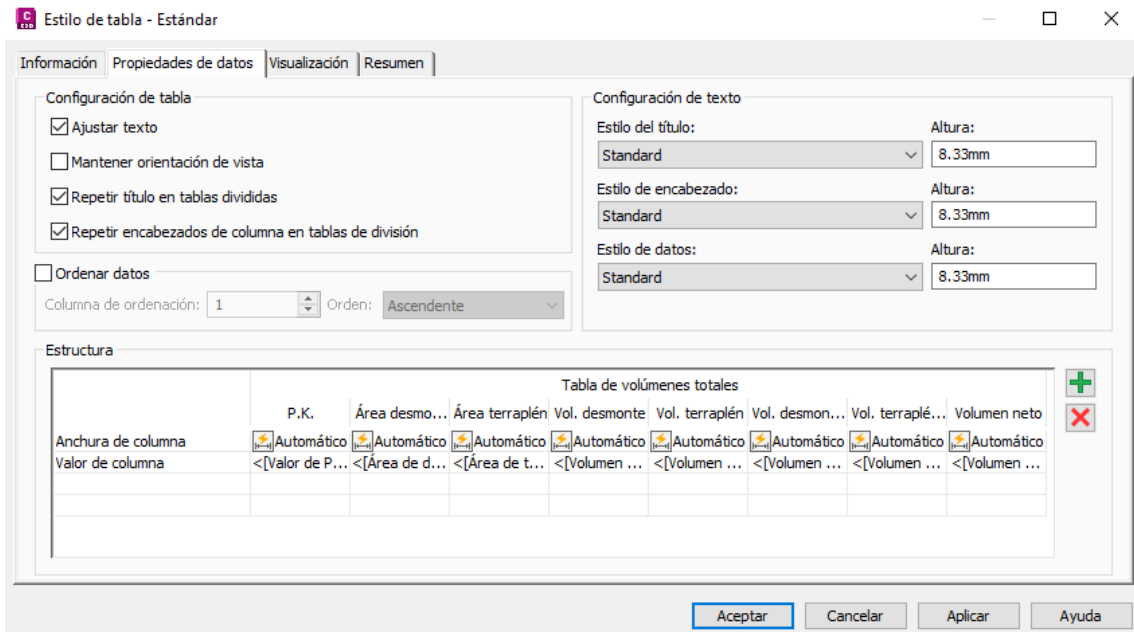


En la ventana **Crear Tabla de volúmenes** establecemos los siguientes parámetros:

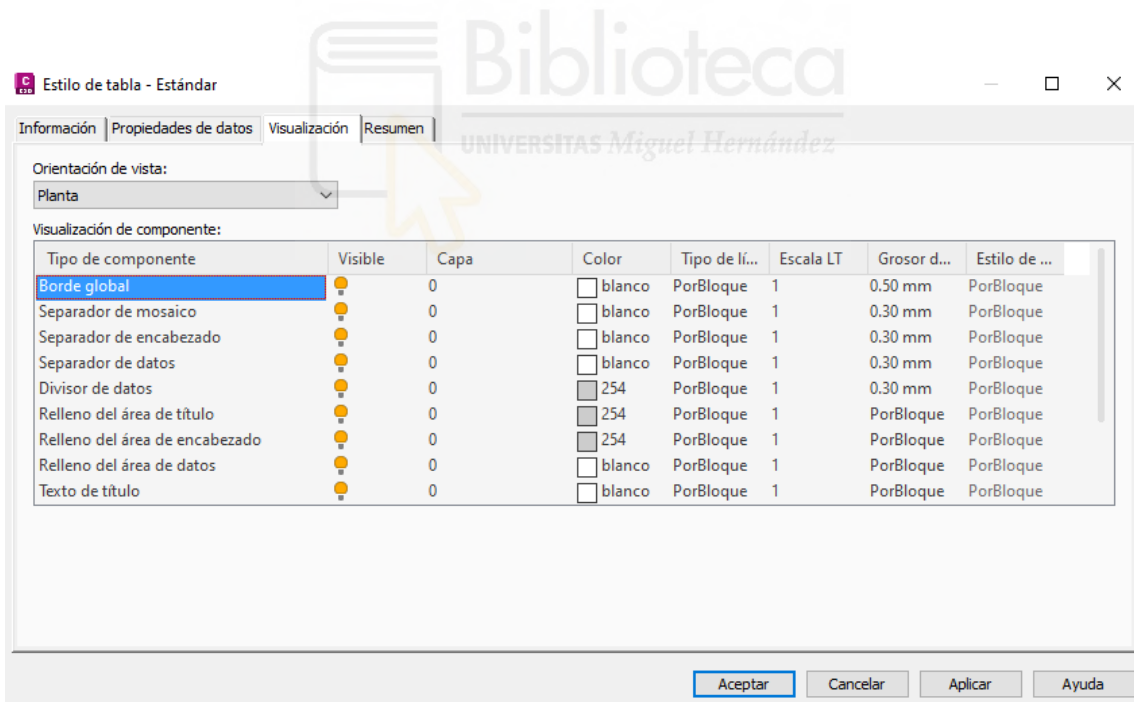


- Estilo de tabla: Estándar.
- Seleccionar una alineación: Alineación_1.
- Seleccionar un grupo de líneas de muestreo: GLM_1.

Al hacer clic sobre el estilo Estándar para su edición, se abre la ventana con las **Propiedades de datos** que establecimos anteriormente para la tabla de las secciones.



Y la ventana de **Visualización** para establecer los estilos y visibilidad de los componentes de la tabla.



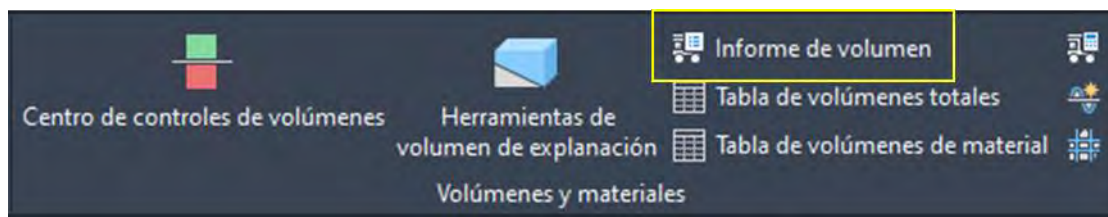
Hacemos clic en **Aceptar** y pinchamos en un punto del dibujo y se dibuja la tabla de volúmenes totales.

Tabla de volúmenes totales							
P.K.	Área desmonte	Área terraplén	Vol. desmonte	Vol. terraplén	Vol. desmonte acum.	Vol. terraplén acum.	Volumen neto
0+00.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+10.00	0.00	454.12	0.00	2270.61	0.00	2270.61	-2270.61
0+20.00	0.00	457.25	0.00	4556.87	0.00	6827.48	-6827.48
0+30.00	25.21	175.67	126.07	3164.61	126.07	9992.09	-9866.02
0+40.00	162.09	155.12	936.54	1653.95	1062.61	11646.04	-10583.43
0+50.00	176.53	145.09	1693.12	1501.08	2755.72	13147.12	-10391.39
0+60.00	192.11	134.10	1843.20	1395.96	4598.92	14543.08	-9944.15
0+70.00	211.90	121.73	2020.04	1279.13	6618.97	15822.21	-9203.24
0+80.00	232.94	110.68	2224.21	1162.04	8843.18	16984.24	-8141.06
0+90.00	254.83	102.34	2438.89	1065.08	11282.07	18049.32	-6767.25
1+00.00	275.15	95.90	2649.90	991.21	13931.98	19040.53	-5108.55
1+10.00	295.17	89.86	2851.58	928.84	16783.56	19969.37	-3185.81
1+20.00	311.04	83.49	3031.06	866.76	19814.61	20836.13	-1021.52
1+30.00	323.69	75.90	3173.64	796.94	22988.26	21633.07	1355.19
1+40.00	335.18	72.51	3294.31	742.04	26282.56	22375.11	3907.45
1+50.00	210.18	69.13	2726.75	708.20	29009.32	23083.32	5926.00
1+60.00	4.70	145.71	1074.37	1074.18	30083.69	24157.50	5926.19
1+70.00	0.00	143.69	23.49	1446.97	30107.18	25604.47	4502.70
1+80.00	0.00	0.00	0.00	718.44	30107.18	26322.91	3784.26

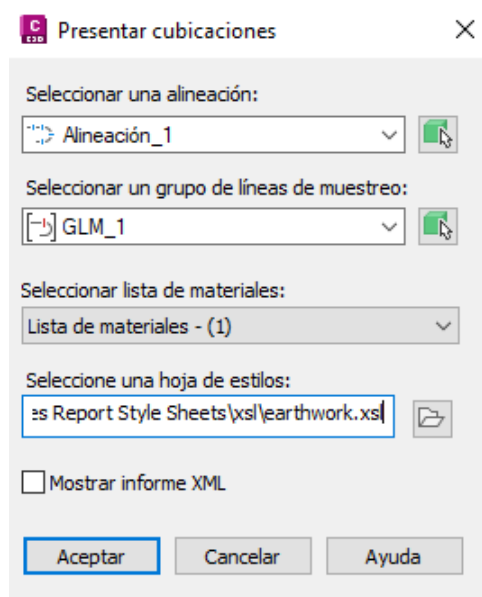


6.7.- Generar informe de volumen

También podemos generar un informe de volumen. En la ficha **Analizar**, grupo **Volúmenes y materiales**, seleccionamos **Informe de volumen**.



En la ventana de **Presentar cubicaciones** debemos seleccionar nuestra alineación (**Alineación 1**) y nuestro grupo de líneas de muestreo (**GLM 1**).



En la selección de hoja de estilos, de las tres que aparecen archivadas, dejamos por defecto (earthwork.xml).

Pulsamos **Aceptar** y se genera un Informe en el Explorador de Internet de nuestro PC, que podemos exportar a EXCEL.

Informe de volumen

Proyecto: D:\0_BALSA\CIVIL_3D\TRANSVERSALES.dwg

Alineación: Alineación_1
 Grupo de líneas de muestreo: GLM_1
 P.K. inicial: 0+000.000
 P.K. final: 0+180.000

P.K.	Área de desmonte (metros cuadrados)	Volumen de desmonte (metros cúbicos)	Volumen reutilizable (metros cúbicos)	Área de terraplén (metros cuadrados)	Volumen de terraplén (metros cúbicos)	Vol. desmonte acumul. (metros cúbicos)	Vol. reutilizable acumul. (metros cúbicos)	Vol. terraplén acumul. (metros cúbicos)	Vol. neto acumul. (pies cúbicos)
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	454.12	2270.61	0.00	0.00	2270.61	-2270.61
0+020.000	0.00	0.00	0.00	457.25	4556.87	0.00	0.00	6827.48	-6827.48
0+030.000	25.21	126.07	126.07	175.67	3164.61	126.07	126.07	9992.09	-9866.02
0+040.000	162.09	936.54	936.54	155.12	1653.95	1062.61	1062.61	11646.04	-10583.43
0+050.000	176.53	1693.12	1693.12	145.09	1501.08	2755.72	2755.72	13147.12	-10391.39
0+060.000	192.11	1843.20	1843.20	134.10	1395.96	4598.92	4598.92	14543.08	-9944.15
0+070.000	211.90	2020.04	2020.04	121.73	1279.13	6618.97	6618.97	15822.21	-9203.24
0+080.000	232.94	2224.21	2224.21	110.68	1162.04	8843.18	8843.18	16984.24	-8141.06
0+090.000	254.83	2438.89	2438.89	102.34	1065.08	11282.07	11282.07	18049.32	-6767.25
0+100.000	275.15	2649.90	2649.90	95.90	991.21	13931.98	13931.98	19040.53	-5108.55
0+110.000	295.17	2851.58	2851.58	89.86	928.84	16783.56	16783.56	19969.37	-3185.81
0+120.000	311.04	3031.06	3031.06	83.49	866.76	19814.61	19814.61	20836.13	-1021.52
0+130.000	323.69	3173.64	3173.64	75.90	796.94	22988.26	22988.26	21633.07	1355.19
0+140.000	335.18	3294.31	3294.31	72.51	742.04	26282.56	26282.56	22375.11	3907.45
0+150.000	210.18	2726.75	2726.75	69.13	708.20	29009.32	29009.32	23083.32	5926.00
0+160.000	4.70	1074.37	1074.37	145.71	1074.18	30083.69	30083.69	24157.50	5926.19
0+170.000	0.00	23.49	23.49	143.69	1446.97	30107.18	30107.18	25604.47	4502.70
0+180.000	0.00	0.00	0.00	0.00	718.44	30107.18	30107.18	26322.91	3784.26

Vista de la Hoja de Cálculo Excel con la Tabla de Volúmenes

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
8									
9		P.K.	Área de desmonte (m ²)	Volumen de desmonte (m ³)	Área de terraplén (m ²)	Volumen de terraplén (m ³)	Vol. desmonte acumul. (m ³)	Vol. terraplén acumul. (m ³)	Vol. neto acumul. (m ³)
10									
11		0+000	0	0	0	0	0	0	0
12		0+010	0	0	454,12	2270,61	0	2270,61	-2270,61
13		0+020	0	0	457,25	4556,87	0	6827,48	-6827,48
14		0+030	25,21	126,07	175,67	3164,61	126,07	9992,09	-9866,02
15		0+040	162,09	936,54	155,12	1653,95	1062,61	11646,04	-10583,43
16		0+050	176,53	1693,12	145,09	1501,08	2755,72	13147,12	-10391,4
17		0+060	192,11	1843,2	134,1	1395,96	4598,92	14543,08	-9944,16
18		0+070	211,9	2020,04	121,73	1279,13	6618,97	15822,21	-9203,24
19		0+080	232,94	2224,21	110,68	1162,04	8843,18	16984,24	-8141,06
20		0+090	254,83	2438,89	102,34	1065,08	11282,07	18049,32	-6767,25
21		0+100	275,15	2649,9	95,9	991,21	13931,98	19040,53	-5108,55
22		0+110	295,17	2851,58	89,86	928,84	16783,56	19969,37	-3185,81
23		0+120	311,04	3031,06	83,49	866,76	19814,61	20836,13	-1021,52
24		0+130	323,69	3173,64	75,9	796,94	22988,26	21633,07	1355,19
25		0+140	335,18	3294,31	72,51	742,04	26282,56	22375,11	3907,45
26		0+150	210,18	2726,75	69,13	708,2	29009,32	23083,32	5926,00
27		0+160	4,7	1074,37	145,71	1074,18	30083,69	24157,5	5926,19
28		0+170	0	23,49	143,69	1446,97	30107,18	25604,47	4502,71
29		0+180	0	0	0	718,44	30107,18	26322,91	3784,27
30									
31									



ANEXO N°8
CÓMO OBTENER PARÁMETROS
GEOMÉTRICOS DE LA Balsa

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- SUPERFICIE A IMPERMEABILIZAR	3
3.- CÓMO CUBICAR EL VOLUMEN TOTAL Y ÚTIL DE UNA Balsa CON AUTOCAD	4

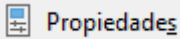


1.- INTRODUCCIÓN

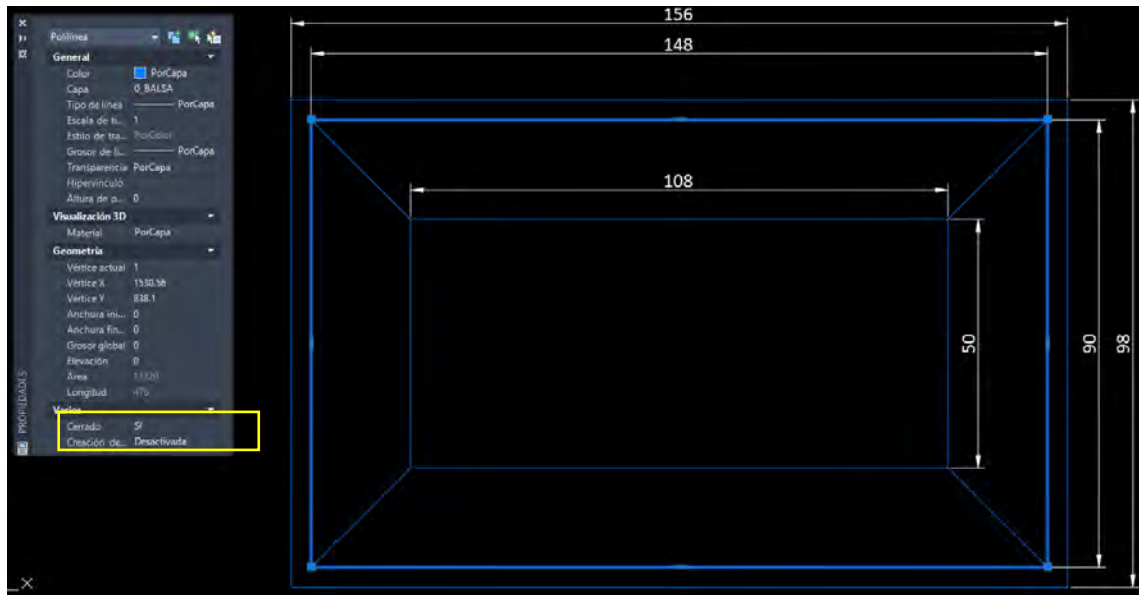
Una vez hemos calculado la capacidad máxima de la balsa, para el supuesto que hemos elegido (2º Supuesto: Pozo), mediante las fórmulas de volumen total y volumen útil, vamos jugando con el largo y ancho de la balsa (eligiendo medidas para que sea un rectángulo) así como con la profundidad (H (m)) hasta acercarnos al volumen deseado. Como necesito un mínimo de 59.141,46 m³, hemos calculado las medidas para obtener un volumen útil de 66.234,36 m³, siendo estas de 148 m x 90 m.

Datos Iniciales			
Lado A (m)	148,00	Lado A' (m)	145,50
Lado C (m)	90,00	Lado C' (m)	87,50
H (m)	8,00	H_u (m)	7,50
H_r (m)	0,50		
talud 1:	2,50		
t (m)	20,00	t (m)	18,75
t/2 (m)	10,00	t/2 (m)	9,38
Base coronación B (m ²)	13.320,00	Base coronación B' (m ²)	12.731,25
Lado A_m (m)	128,00	Lado A'_m (m)	126,75
Lado C_m (m)	70,00	Lado C'_m (m)	68,75
Base media B_m (m ²)	8.960,00	Base media B'_m (m ²)	8.714,06
Lado a (m)	108,00	Lado a (m)	108,00
Lado c (m)	50,00	Lado c (m)	50,00
Base fondo b (m ²)	5.400,00	Base fondo b (m ²)	5.400,00
Volumen Total (m³)	72.747	Volumen Útil (m³)	66.234
$V_{total} = \frac{B + 4 \cdot B_m + b}{6} \cdot H$		$V_{util} = \frac{B' + 4 \cdot B'_m + b}{6} \cdot H_u$	

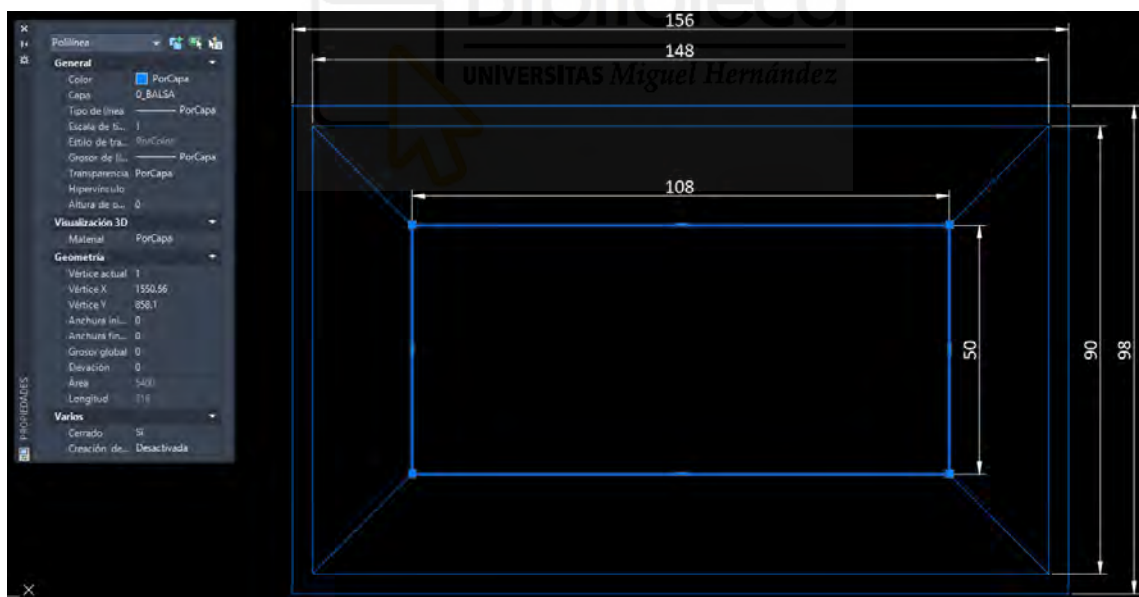
Una vez que tenemos dibujado el rectángulo del perímetro interior de la balsa de dimensiones 148 m x 90 m, obtenemos el perímetro exterior de la balsa mediante el comando DESFASE (equidistancia) de 4 m hacia el exterior del borde, con unas dimensiones de 156 m x 98 m. Igualmente, el fondo de la balsa se obtiene mediante el comando DESFASE de 20 m (este valor se obtiene de multiplicar la profundidad total de la balsa (8 m) por el valor horizontal del talud interior de la balsa (2,5) hacia el interior del borde, con unas dimensiones de 108 m x 50 m.

Ahora, con las **Propiedades**  del elemento seleccionado, obtenemos los datos en el parámetro **Geometría**:

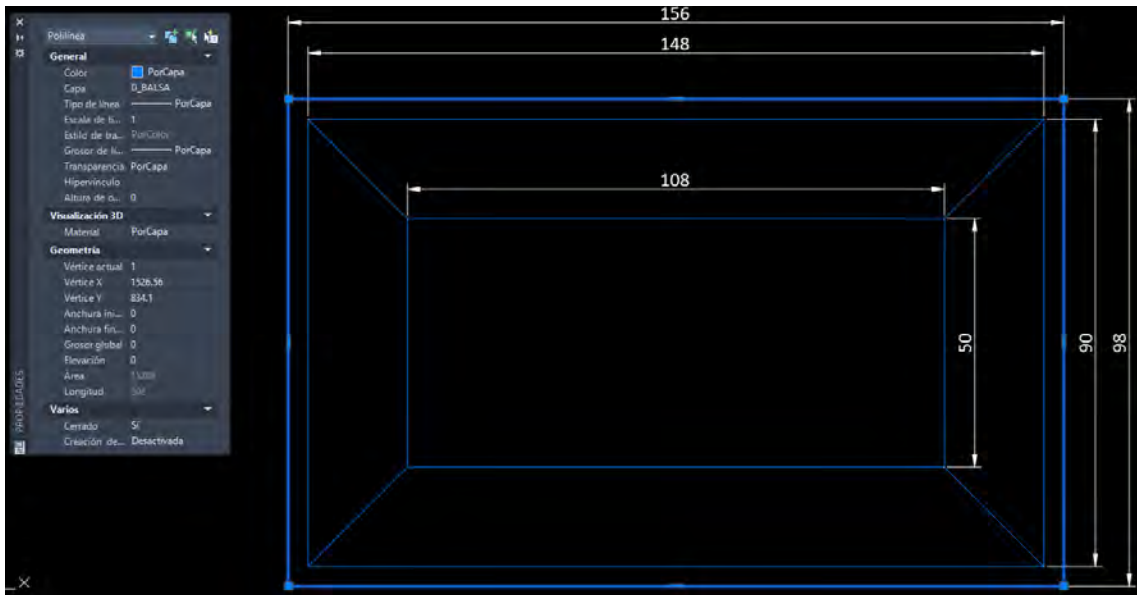
- Área del borde interior del pasillo: 13.320 m²
- Perímetro del borde interior del pasillo: 476 m



- Área del borde exterior del pasillo: 15.288 m²
- Perímetro del borde exterior del pasillo: 508 m



- Área del fondo de la balsa: 5.400 m²
- Perímetro del fondo de la balsa: 316 m



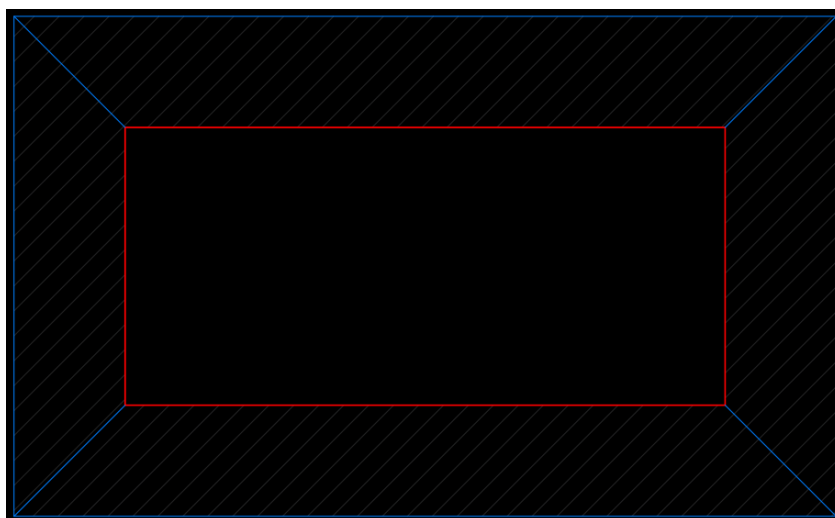
2.- SUPERFICIE A IMPERMEABILIZAR

La superficie a impermeabilizar consta de la superficie del fondo de la balsa y de la superficie geométrica de los taludes de la balsa. La superficie del fondo ya la conocemos. Para calcular la superficie geométrica de los taludes, debemos realizar las siguientes operaciones:

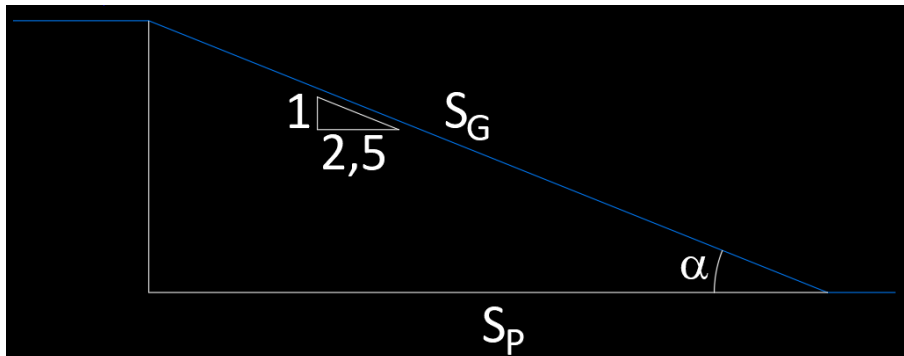
La superficie proyectada de los taludes interiores de la balsa se calcula como:

$$\text{Superficie}_{\text{proyectada}} = \text{Superficie}_{\text{borde interior}} - \text{Superficie}_{\text{fondo}}$$

$$\text{Superficie}_{\text{proyectada}} = 13.320 - 5.400 = 7.920 \text{ m}^2$$



Para obtener la superficie geométrica (S_G) a partir de la superficie proyectada (S_P) es necesario resolver la sencilla trigonometría de la siguiente imagen:



$$\alpha = \tan^{-1} \frac{1}{2,5} = 21,80141^\circ$$

$$S_G = \frac{S_P}{\cos \alpha} = \frac{7.920}{\cos 21,80141^\circ} = 8.530,10 \text{ m}^2$$

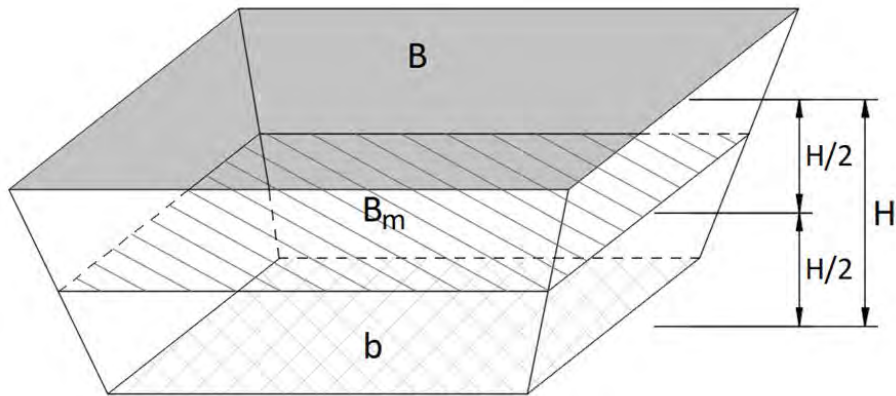
Por tanto, obtenemos la superficie de lámina vista necesaria para la impermeabilización de la balsa como:

$$\text{Superficie lámina vista} = 8.530,10 + 5.400 = 13.930,10 \text{ m}^2$$

3.- CÓMO CUBICAR EL VOLUMEN TOTAL Y ÚTIL DE UNA BALSA CON AUTOCAD

Para cubicar el volumen de una balsa con una determinada profundidad y un determinado talud interior podemos hacerlo de dos formas utilizando la aplicación de AutoCAD:

1º El primer método consiste en aplicar la **fórmula del prismoide**, para lo que necesitaremos determinar las áreas de las dos superficies extremas de la balsa (coronación y fondo) y el área de la superficie a la mitad de su profundidad, tal y como se indica en la figura:



Esta fórmula se aplica cuando las dos secciones extremas de la balsa tienen superficies muy distintas, o cuando se desea obtener resultados de gran precisión, que viene dada por la expresión:

$$V_T = \frac{B + 4 \cdot B_m + b}{6} \cdot H$$

siendo:

B,b: áreas de las dos superficies extremas del prismaoidal.

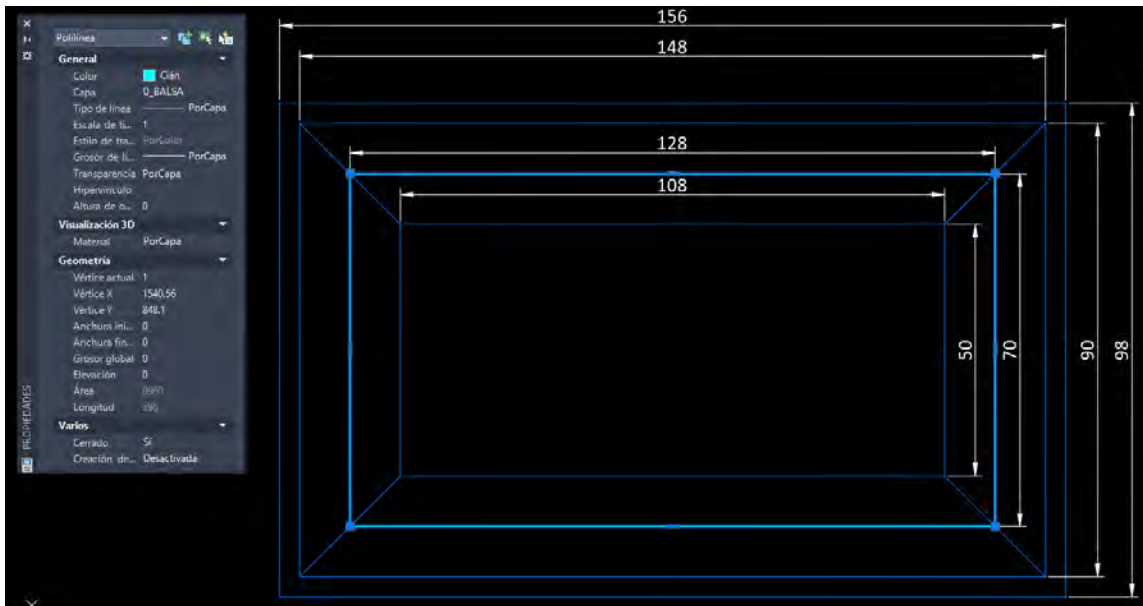
B_m: área media (para H/2).

H: distancia entre las dos superficies extremas.

Para obtener la superficie media de la balsa mediante el comando DESFASE (equidistancia) de 10 m (este valor se obtiene de multiplicar la profundidad medial de la balsa (4 m) por el valor horizontal del talud interior de la balsa (2,5) hacia el interior del borde, con unas dimensiones de 128 m x 70 m.

Ahora, con las **Propiedades**  **Propiedades** del elemento seleccionado, obtenemos los datos en el parámetro **Geometría**:

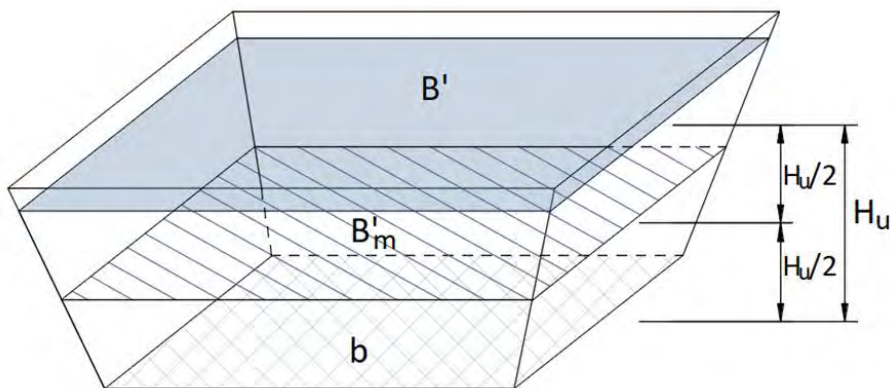
- Área de la superficie media: 8.960 m²



Con las superficies obtenidas, calculamos el Volumen total de la balsa:

$$V_T = \frac{13.320 + 4 \cdot 8.960 + 5.400}{6} \cdot 8 = 72.746,67 \text{ m}^3$$

Para obtener el volumen útil será necesario conocer la altura de resguardo



$$V_U = \frac{B' + 4 \cdot B'_m + b}{6} \cdot H_u$$


siendo:

B' , b : áreas de las dos superficies extremas del prismoide.

B'_m : área media (para $H_u/2$).

H_u : distancia entre las dos superficies extremas.

Una vez que tenemos dibujado el rectángulo del perímetro interior de la balsa de dimensiones 148 m x 90 m, obtenemos la superficie de la lámina de agua útil total mediante un DESFASE de 1,25 m (este valor se obtiene de multiplicar la altura de resguardo de la balsa (0,50 m) por el valor horizontal del talud interior de la balsa (2,5)) hacia el interior del borde, con unas dimensiones de 145,50 m x 87,50 m.

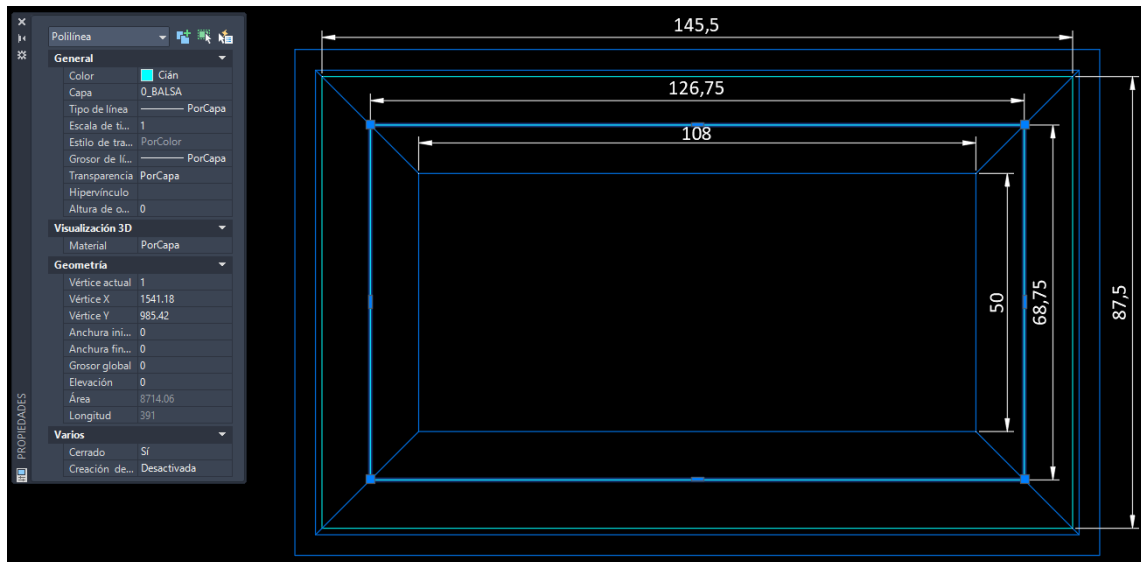
Ahora, con las **Propiedades**  **Propiedades** del elemento seleccionado, obtenemos los datos en el parámetro **Geometría**:

- Área de la superficie de agua útil: 12.731,25 m²



Para obtener la superficie media del agua útil de a balsa mediante el comando DESFASE (equidistancia) de 9,375 m (este valor se obtiene de multiplicar la profundidad media desde la lámina de agua (7,5/2 m) por el valor horizontal del talud interior de la balsa (2,5)) hacia el interior del borde, con unas dimensiones de 126,75 m x 68,75 m.

- Área de la superficie de media de agua útil: 8.714,06 m²



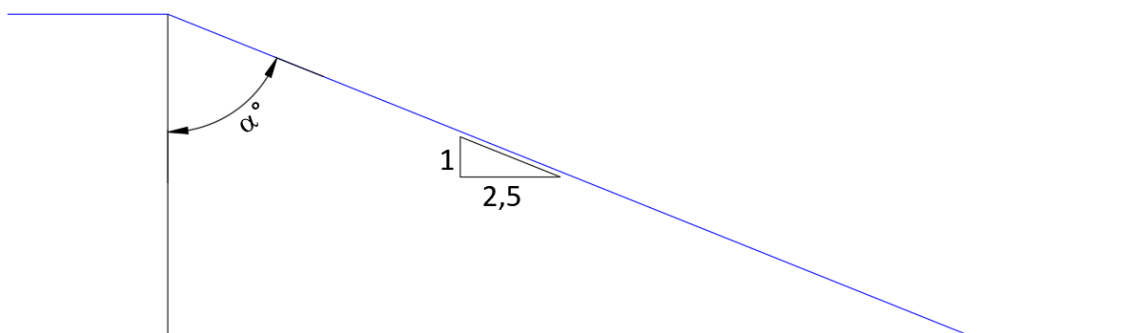
La superficie del fondo de la balsa permanece invariable.

Con las superficies obtenidas, calculamos el Volumen Útil de la balsa:

$$V_U = \frac{12.731,25 + 4 \cdot 8.714,06 + 5.400}{6} \cdot 7,5 = 66.234,36 \text{ m}^3$$

2º Método: El segundo método consiste en utilizar el comando **EXTRUSIÓN** en la aplicación de AutoCAD.

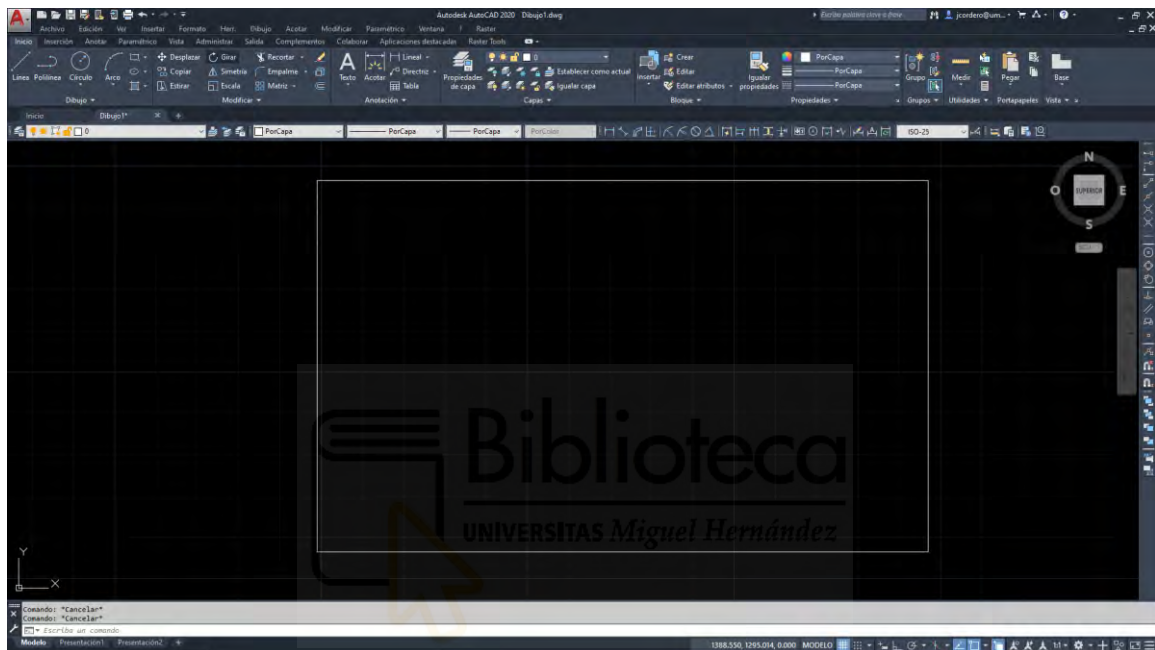
Este comando crea un sólido 3D a partir de un objeto que encierra un área. Los objetos se pueden extruir de forma ortogonal desde el plano del objeto de origen, en una dirección especificada o a lo largo de una ruta seleccionada. También puede especificar un ángulo de inclinación.



El ángulo de inclinación que debemos introducir en los parámetros de extrusión debe ser:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{2,5}{1}\right) = 68,19859051$$

En AutoCAD tenemos dibujado un rectángulo de dimensiones 148 m x 90 m (dimensiones de la balsa diseñada).



Comando: EXTRUSION

Densidad de estructura alámbrica actual: ISOLINES=4, Modo de creación de perfiles cerrados = Sólido

Designe objetos para extruir o [MODO]: Seleccionamos el rectángulo dibujado.

Intro

Designe objetos para extruir o [MODO]: 1 encontrados

Precise altura de extrusión o [Dirección/Trayectoria/ángulo Inclinación/Expresión]: I

Indicamos el parámetro I (ángulo de inclinación).

Intro

Precise ángulo de inclinación para extrusión o [Expresión] <0.000>: 68.19859051

Introducimos el ángulo de inclinación

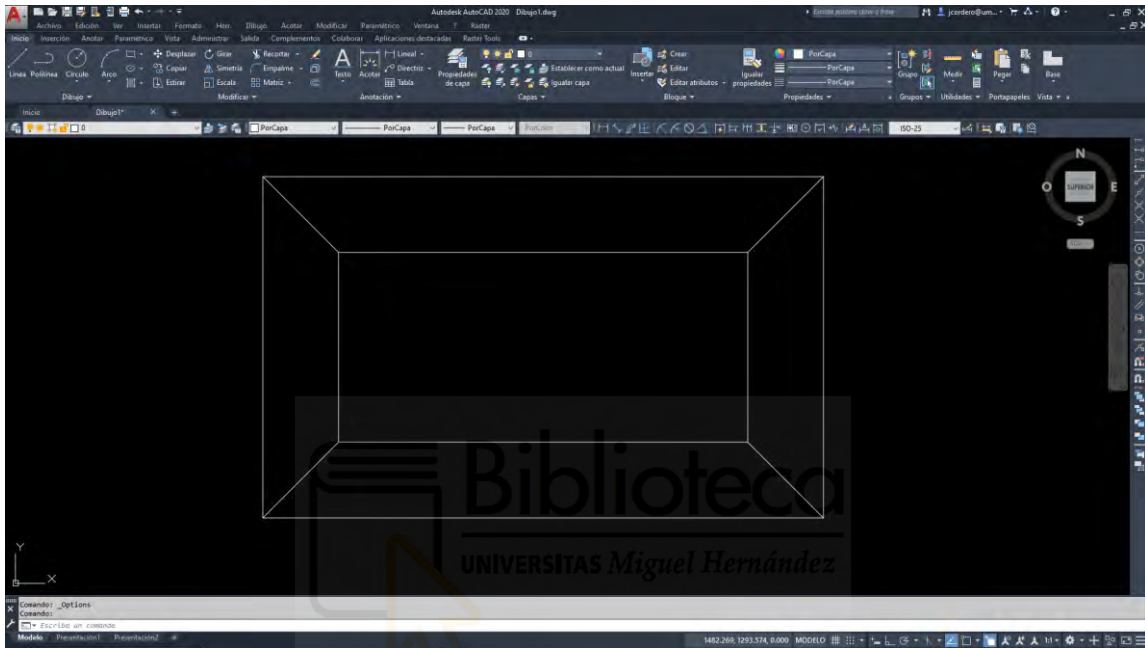
Intro

Precise altura de extrusión o [Dirección/Traectoria/ángulo Inclinación/Expresión]: -8

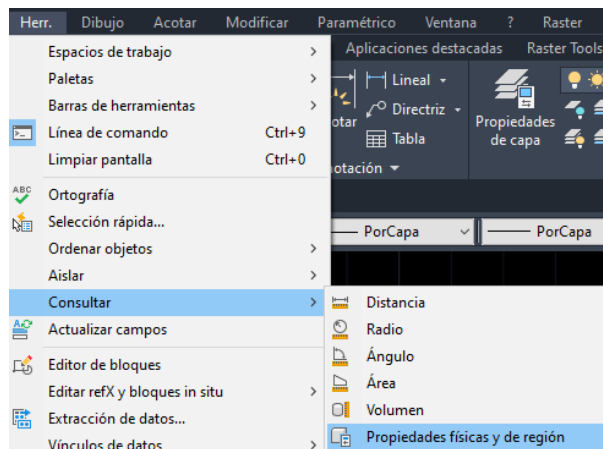
Introducimos la profundidad de la balsa (el valor -8)

Intro

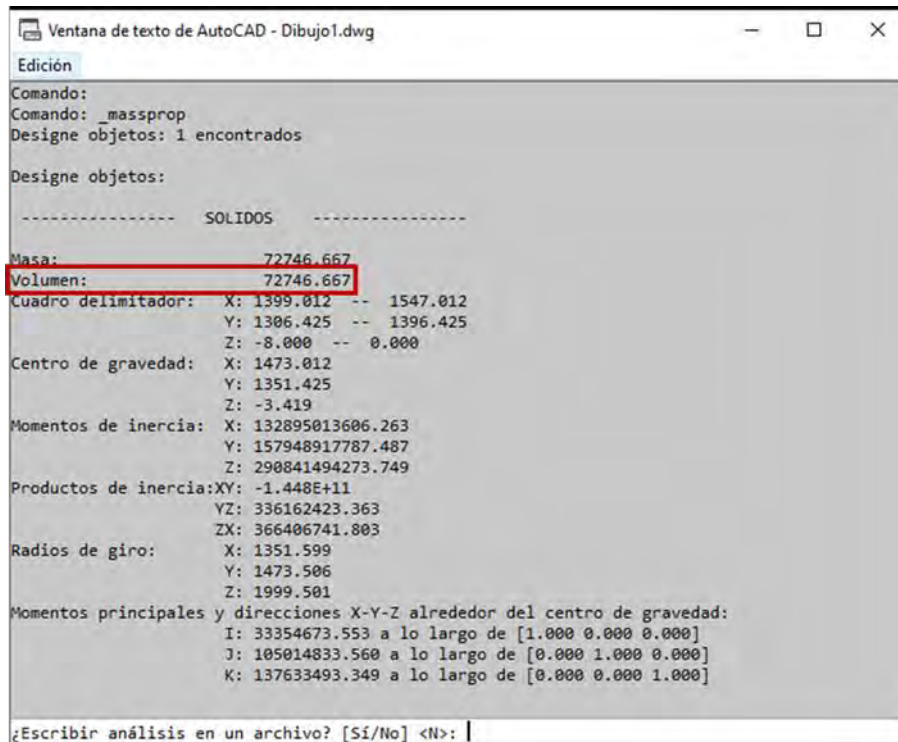
El rectángulo dibujado se extrusiona formando un sólido 3D al que le podemos pedir sus propiedades físicas.




En el menú **Herramientas**<>**Consultar**<>**Propiedades físicas y de región** :

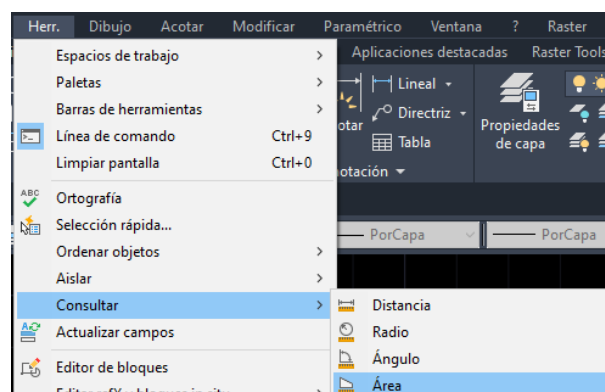


Al seleccionar el dibujo extrusionado, se abre la ventana de texto de AutoCAD, con diferentes parámetros del sólido extrusionado.



Entre esos datos tenemos el Volumen total del sólido: 72.746,67 m³, que coincide exactamente con el dato obtenido por la fórmula del prismoide.

Si a este sólido extrusionado le realizamos la consulta del área, en el menú **Herramientas<>Consultar<>Área** :



Comando: **_MEASUREGEOM**

Indique una opción [Distancia/RADio/ángUlo/áRea/Volumen/ráPido/Modo/Salir]
<Distancia>: **_area**

Precise primer punto de esquina o [Objeto/Añadir área/Sustraer área/SAlir] <Objeto>:

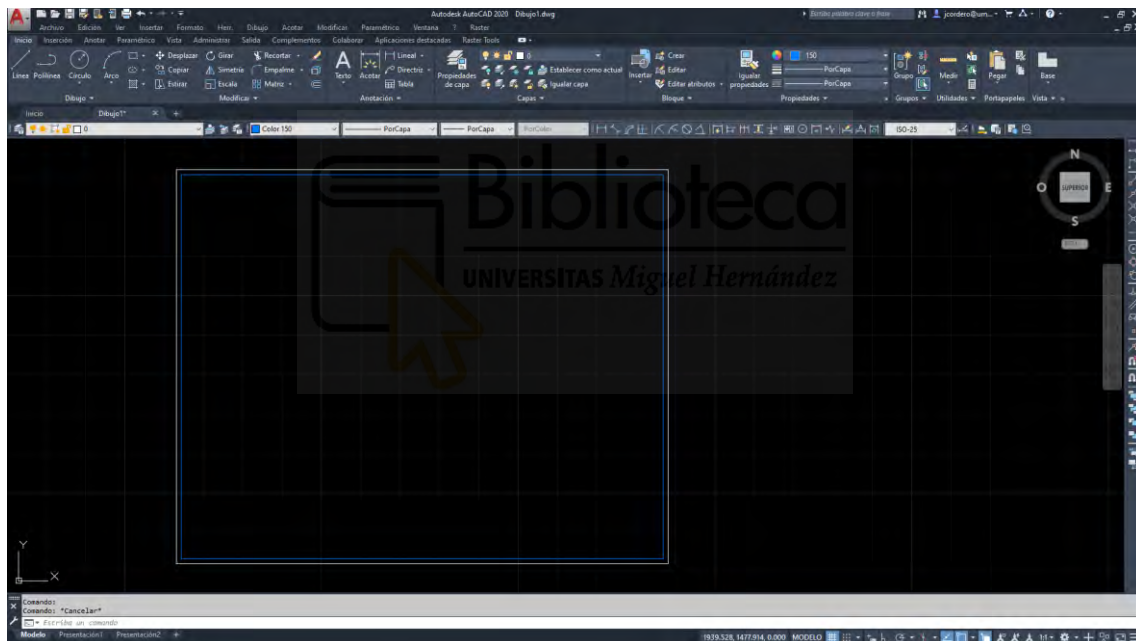
Designe objetos:

$$\text{Área} = 27250.10, \text{Perímetro} = 0.000$$

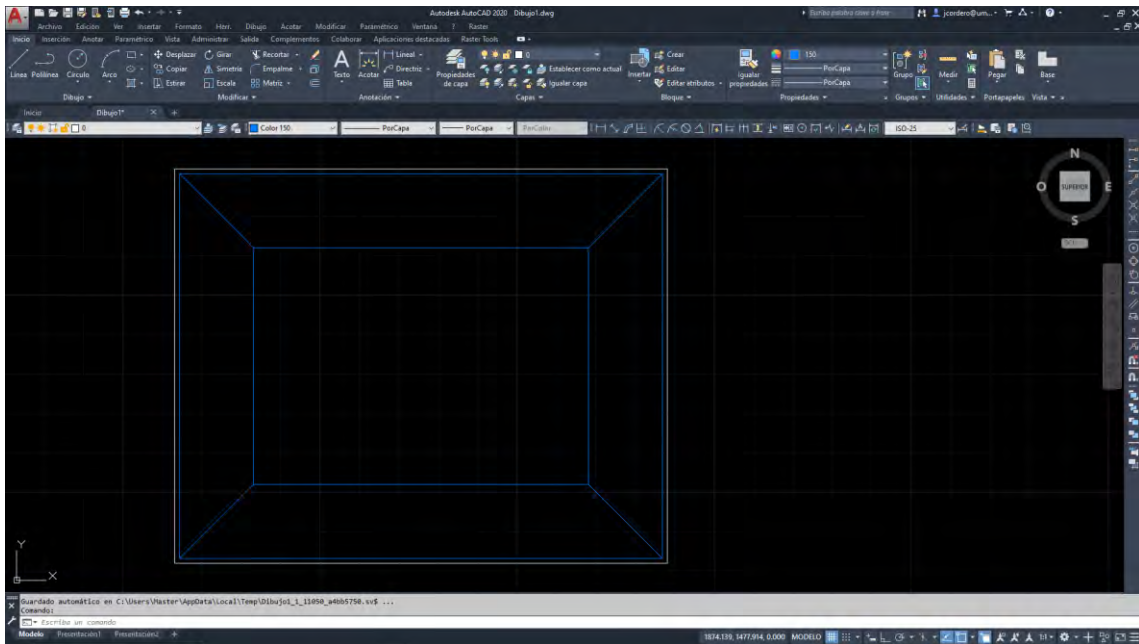
Obtenemos un área total de 27.250,10 m². Esta superficie corresponde al fondo del sólido, a los taludes del sólido y a una supuesta “tapadera” del sólido, por lo que si a ese valor le restamos el área del borde del pasillo interior de la balsa (13.320 m²), le estamos restando la supuesta “tapadera”, por lo que obtenemos la superficie de lámina vista de la balsa:


$$\text{Superficie impermeabilización} = 27.250,10 - 13.320 = 13.930,10 \text{ m}^2$$

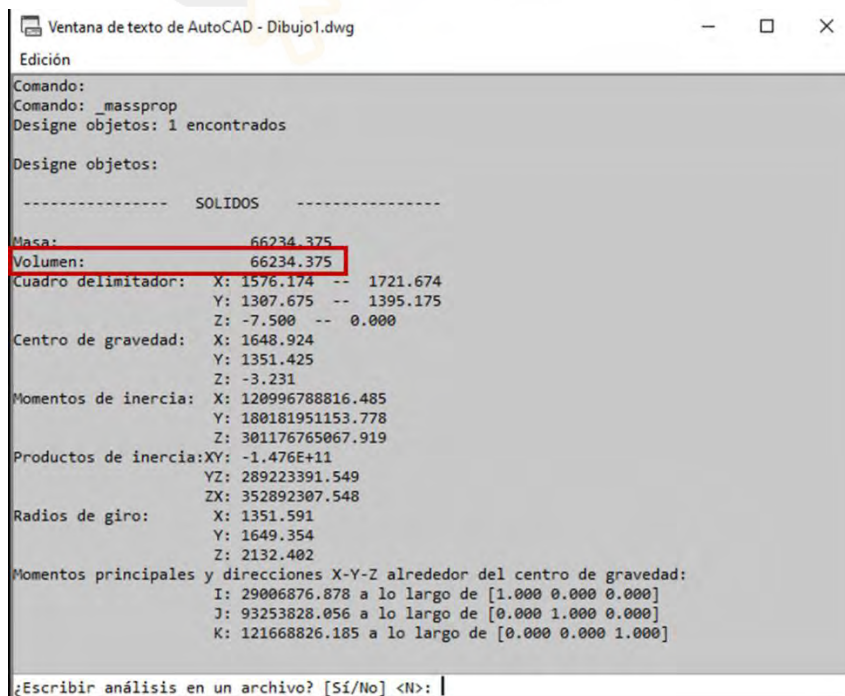
Para obtener el volumen útil por extrusión, partimos del dibujo de un rectángulo con las dimensiones unas dimensiones de 145,50 m x 87,50 m que corresponden a la superficie de lámina de agua útil de la balsa.



Se realiza la extrusión igual que hemos realizado para obtener el volumen total, con la única salvedad que, mientras que el ángulo de inclinación no varía, la altura de extrusión deberá ser: -7,5 (que corresponde a la profundidad útil de la balsa).



En el menú **Herramientas**<>**Consultar**<>**Propiedades físicas y de región** , al seleccionar el dibujo extrusionado, se abre de nuevo la ventana de texto de AutoCAD, con el valor del volumen del sólido extrusionado.



El Volumen total del sólido: $66.234,36 \text{ m}^3$, que coincide exactamente con el dato obtenido por la fórmula del prismoide del volumen útil de la balsa.



ANEXO N°9
TOMA Y DESAGÜE DE FONDO

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN..... 1

2.- CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA DEL DESAGÜE DE FONDO 1



1.- INTRODUCCIÓN

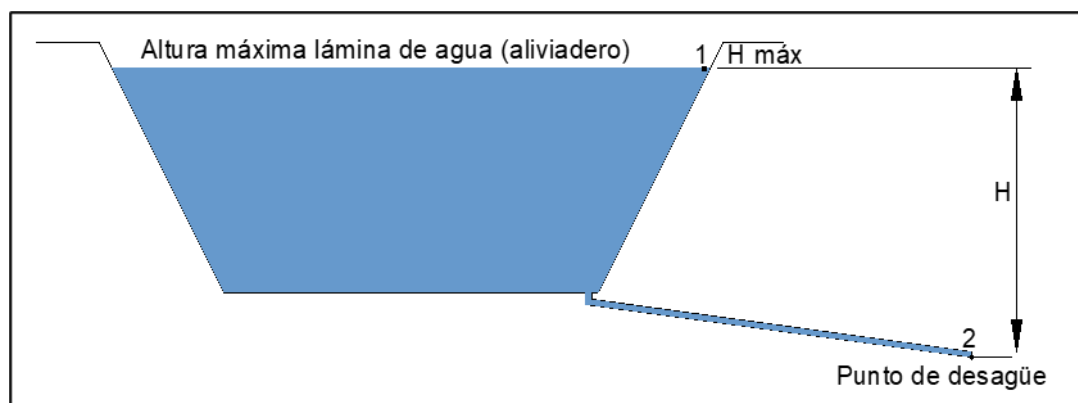
La toma de agua será resuelta mediante desagüe de fondo a ras del terreno natural, que se realizará mediante una tubería de PE100 PEAD de 315 mm de diámetro y 10 atm de presión nominal. Esta tubería irá en zanja bajo el terraplén y protegida mediante hormigón armado HA-25/p/20/IIa. Esta tubería arranca en una pieza especial abocinada en la solera, con brida y rejilla de desbaste, hasta la arqueta de válvulas ubicada a pie del talud exterior.

El desagüe de fondo para el desembalse rápido se realizará a través de la misma tubería de toma, hasta la arqueta de válvulas. Esta tubería conectará en el interior de una arqueta, con una derivación en Te y válvula de mariposa, con tubería de Polietileno de 315 mm de diámetro hasta desagüe natural.

La obra de toma de agua y desagüe de fondo de la balsa queda rematada con una arqueta de dimensiones 3,50 x 3,00 m y profundidad variable, según cota del terreno, ejecutada en hormigón armado HA25/b/20/iv, espesor de alzados y solera de 20 cm. con mallazo electrosoldado con una cuantía media de 25 kg/m³, y cubrición con chapa de acero galvanizado pintada, con la instalación de doble válvula de mariposa D=315 mm y una ventosa trifuncional de doble efecto de 2".

2.- CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA DEL DESAGÜE DE FONDO

El desagüe de fondo se dimensiona en función del tiempo máximo de vaciado establecido para el proyecto. Este tiempo debe ser lo suficientemente amplio para evitar fenómenos de deformación estructural no deseables originados por un desembalse rápido y lo suficientemente corto para permitir el vaciado total del vaso en un plazo prudencial en el caso de avería o por razones de mantenimiento. En la práctica, este tiempo conviene fijarlo en torno a 72 horas.



Estableciendo la ecuación de conservación de la energía entre la lámina libre del embalse y la salida libre de la conducción, queda la siguiente expresión:

$$H = \frac{v^2}{2 \cdot g} + h_t$$

Siendo:

H: altura sobre el eje de la conducción de desagüe (m)

v: velocidad en la conducción (m/s)

h_t : pérdida de carga total (m.c.a.)

Las pérdidas de carga (h_t) en el tramo serán la suma de la pérdida de carga por rozamiento continuo y las pérdidas de carga localizadas (embocadura, codo y válvulas).

Las pérdidas en la embocadura son:

$$h_{embocadura} = \left(\frac{1}{C_v^2} - 1 \right) \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Siendo el coeficiente de velocidad en este caso, $C_v = 0,98$, con lo que se obtiene:

$$h_{embocadura} = \left(\frac{1}{0,98^2} - 1 \right) \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,041 \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Por otra parte, las pérdidas de carga singulares en la válvula y en el codo se pueden estimar conjuntamente en un 15% de la energía cinética, con lo que la ecuación queda de la siguiente forma:

$$H = 1,2 \cdot \frac{v^2}{2g} + h_{rozamiento\ continuo}$$

Utilizando para el cálculo de la pérdida de carga por rozamiento la ecuación de Manning, teniendo en cuenta la pérdida de carga en la embocadura y estimando un 15% de la energía cinética la pérdida de carga en piezas singulares, el caudal máximo a desaguar viene dado por la siguiente expresión:

$$Q = \left[\frac{H}{\frac{16}{\pi^2 \cdot D^4} \cdot \frac{1,2}{2 \cdot g} + 10,3 \cdot n^2 \cdot D^{-5,33} \cdot L} \right]^{1/2}$$

Siendo:

H: altura sobre el eje de la conducción de desagüe (variable entre 8,00 m y 0,50 m a la altura del fondo de la balsa).

D: diámetro de la tubería = 0,315 m

n: coeficiente de Manning = 0,012

L: longitud de la tubería desde la toma de fondo hasta el punto de desagüe = 39,20 m

De esta forma, obtenemos los datos de tiempo de vaciado de la siguiente tabla (obtenida de la segunda hoja del Excel llamado "DESAGÜE_FONDO"):



Tabla 1*Tiempo de vaciado*

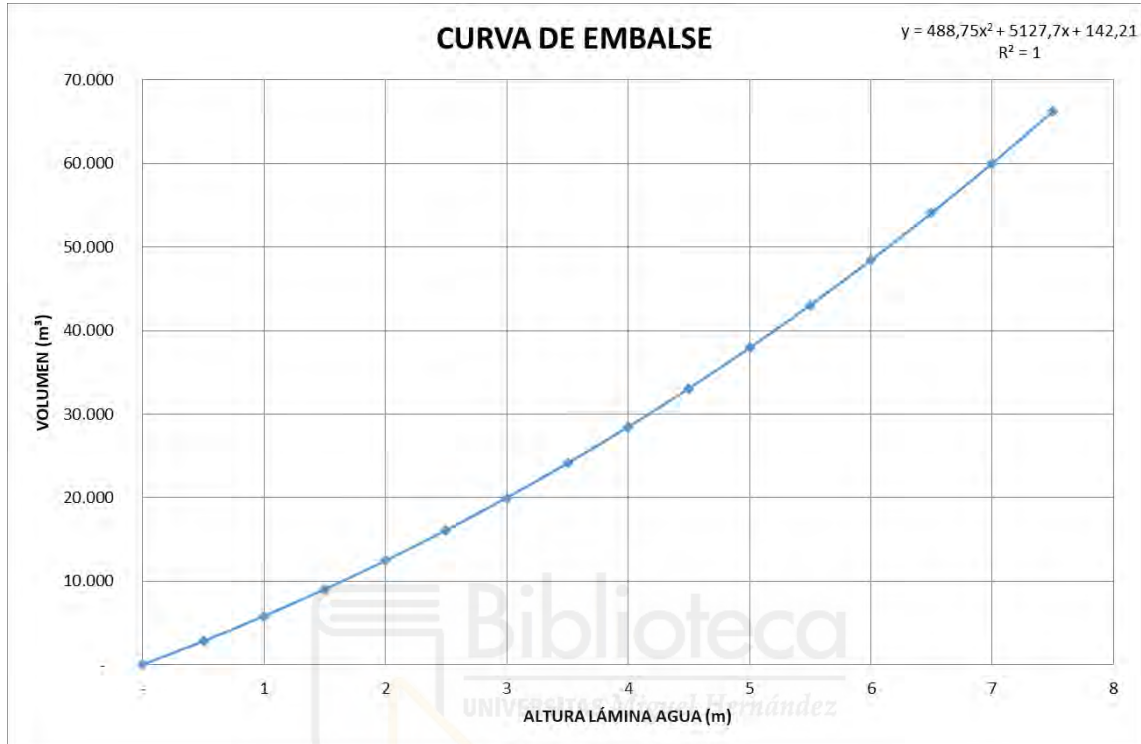
Cota	Altura lámina sobre fondo (m)	Altura lámina sobre eje tubo (m)	Altura cálculo (m)	Volumen entre cotas (m³)	Volumen acumulado (m³)	Caudal (m³/s)	Velocidad (m/s)	Tiempo parcial (horas)	Tiempo acumulado (horas)
313,59	7,50	8,00	-	6.221	66.235	-	-	-	-
313,09	7,00	7,50	7,89	5.936	60.013	0,46	5,88	3,77	3,77
312,59	6,50	7,00	7,39	5.657	54.077	0,44	5,70	3,72	7,48
312,09	6,00	6,50	6,89	5.385	48.420	0,43	5,50	3,67	11,15
311,59	5,50	6,00	6,39	5.119	43.035	0,41	5,30	3,62	14,77
311,09	5,00	5,50	5,89	4.859	37.917	0,40	5,08	3,59	18,36
310,59	4,50	5,00	5,39	4.605	33.058	0,38	4,86	3,56	21,92
310,09	4,00	4,50	4,89	4.357	28.453	0,36	4,63	3,54	25,47
309,59	3,50	4,00	4,39	4.116	24.096	0,34	4,39	3,54	29,00
309,09	3,00	3,50	3,89	3.881	19.980	0,32	4,13	3,55	32,55
308,59	2,50	3,00	3,39	3.652	16.099	0,30	3,86	3,59	36,14
308,09	2,00	2,50	2,89	3.430	12.447	0,28	3,56	3,65	39,80
307,59	1,50	2,00	2,39	3.214	9.017	0,25	3,24	3,77	43,57
307,09	1,00	1,50	1,89	3.004	5.803	0,22	2,88	3,98	47,54
306,59	0,50	1,00	1,39	2.800	2.800	0,19	2,47	4,33	51,88
306,09	0,00	0,50	0,89	0	0	0,15	1,98	5,04	56,92
				V_{útil} 66.235					

Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

Obteniendo un tiempo de vaciado de la balsa de **56,92 horas**.

Figura 1

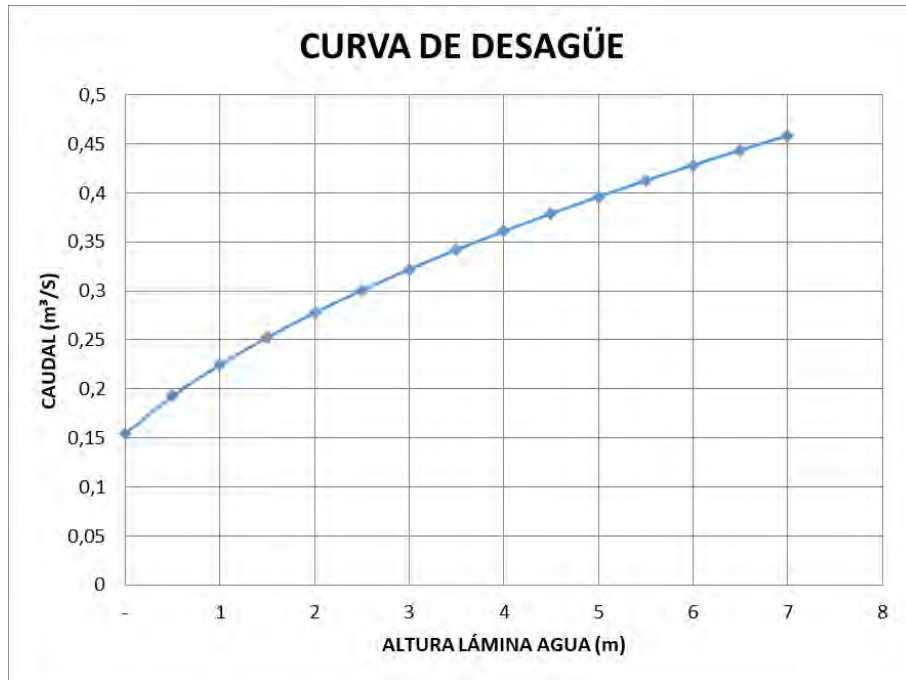
Curva de embalse



Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

Figura 2

Curva de desagüe



Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025

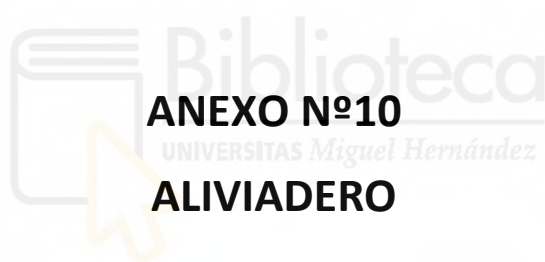
Figura 1

Evolución del desagüe con el tiempo



Nota. Fuente: Elaboración propia. Laura Sánchez Martínez, 2025





ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- CÁLCULO PRECIPITACIÓN MÁXIMA.....	1
3.- TIPOS DE ALIVIADEROS.....	9
3.1.- ALIVIADEROS DE SECCIÓN ABIERTA.....	9
3.2.- ALIVIADEROS MEDIANTE TUBERÍA.....	11



1.- INTRODUCCIÓN

El aliviadero debe ser capaz de evacuar el caudal máximo previsto de entrada en la balsa, más el caudal generado por el aguacero más desfavorable cayendo sobre la superficie de la misma para un periodo de retorno de 500 años sin que se agote el resguardo.

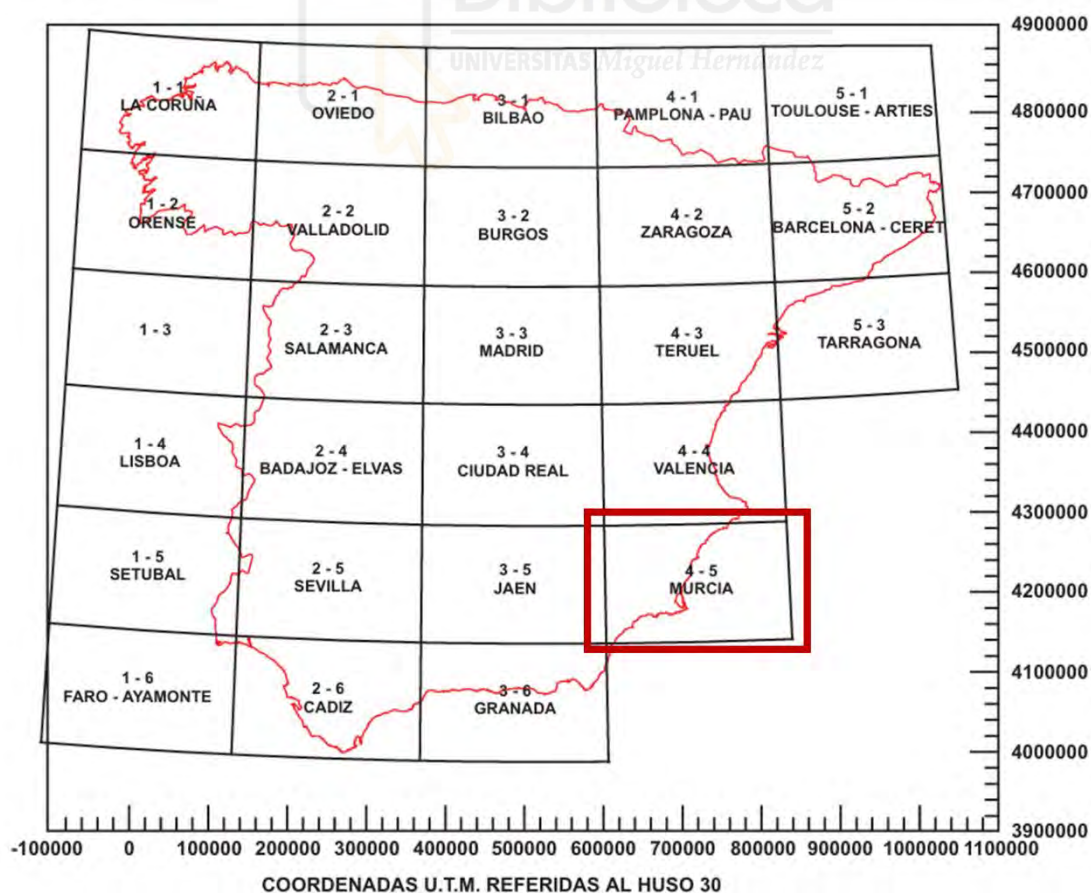
2.- CÁLCULO PRECIPITACIÓN MÁXIMA

Para el cálculo de la precipitación máxima ($P_{24h}(500)$, en mm de altura de agua o l/m^2) para un periodo de retorno de 500 años se ha utilizado la publicación del Ministerio de Fomento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular", de la Dirección General de Carreteras.

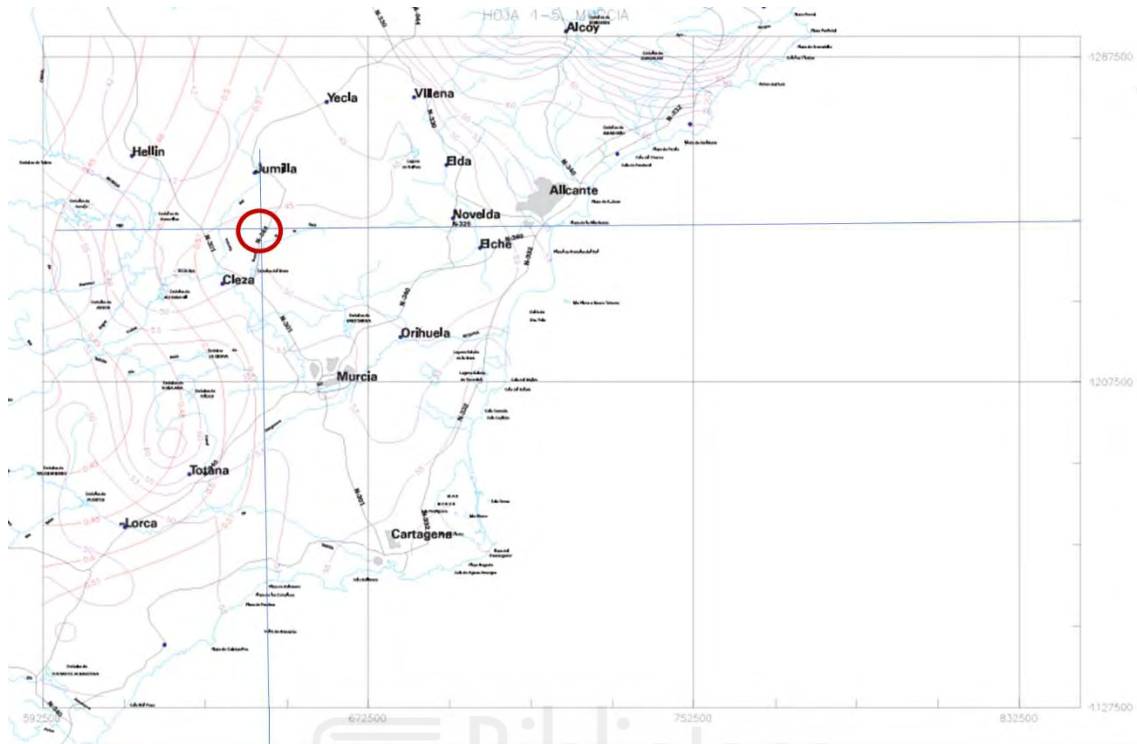
Para la obtención de la precipitación máxima diaria en la zona de la balsa usaremos las tablas y planos incluidos en la citada publicación. Se seguirá el siguiente procedimiento:

1. Localizar en los planos el punto geográfico deseado.

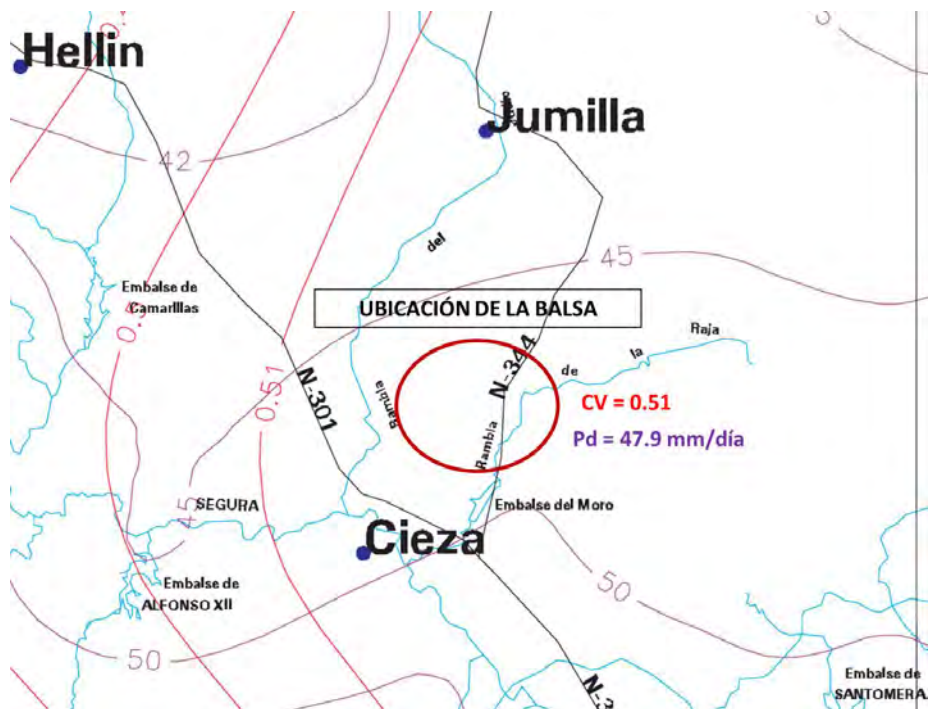
La balsa queda ubicada en la **Hoja 4-5 MURCIA** en el plano.



Una vez identificada la hoja localizamos el punto geográfico donde se ubica la balsa.



2. Estimar mediante las isólinas presentadas el coeficiente de variación C_v (líneas rojas con valores inferiores a la unidad) y el valor medio P_d de la máxima precipitación diaria anual (líneas moradas).



3. Para el periodo de retorno deseado T y el valor de C_v , obtener el factor de amplificación K_T mediante el uso de la tabla correspondiente que aparece en la publicación:

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

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

4. Realizar el producto del factor de amplificación K_T por el valor medio P_d de la máxima precipitación diaria anual obteniendo la precipitación diaria máxima para el periodo de retorno deseado T .

$$P_{500} = P_d \cdot K_{500} = 47,9 \frac{mm}{día} \cdot 3,799 = 181,97 \text{ mm/día}$$

La **Precipitación Diaria Máxima** para un periodo de retorno de 500 años es de **181,97 mm/día**.

5. A continuación, procedemos al cálculo de la intensidad de precipitación para 1 hora de duración a partir de la precipitación diaria en la España peninsular. Este cálculo se puede realizar aplicando dos formulaciones:

5.1 La primera utiliza la formulación expuesta en la *instrucción 5.2-IC de Drenaje Superficial*, que tiene la siguiente expresión:

$$I_t = I_d \cdot \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1-t^{0,1}}}{28^{0,1}-1}}$$

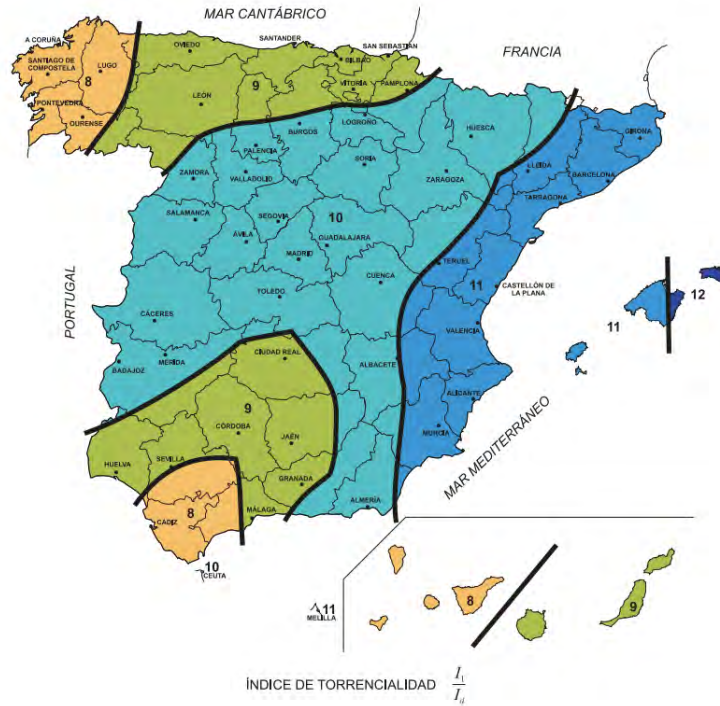
Donde:

- I_t (mm/h): es la intensidad horaria de precipitación correspondiente a dicho periodo de retorno. El valor de la razón I_1/I_d se podrá tomar de la figura (*Índice de torrencialidad*) publicada en la *instrucción 5.2-IC de Drenaje Superficial*.

- I_d (mm/h): es la intensidad media diaria de la precipitación, correspondiente al periodo de retorno considerado. Es igual a $P_{500}/24$.

- t (h): es la duración del intervalo al que se refiere I_t .

Para obtener el valor de la razón I_1/I_d , se mirará en la siguiente imagen:



Observando la imagen obtenemos que:

$$\frac{I_1}{I_d} = 11$$

Una vez obtenido este parámetro pasamos a calcular cual será la intensidad de lluvia para una tormenta de una hora de duración:

$$I_d = \frac{P_{500}}{24} = \frac{181,97 \text{ mm}}{24 \text{ h}} = 7,58 \text{ mm/h}$$

Quedando la intensidad para una hora de tormenta igual a:

$$I_t = 7,58 \cdot (11)^{\frac{28^{0,1} - 1}{28^{0,1} - 1}} = 83,40 \text{ mm/h}$$

La intensidad de precipitación para 1 hora de duración es de **83,40 mm/h**.

5.2. La segunda utiliza la modificación de *Salas y Fernández*, que han replanteado el problema utilizando todas las estaciones dotadas de pluviógrafo existentes en la España peninsular, obteniendo la siguiente formulación:

$$I_t = I_{24} \cdot \left(\frac{I_1}{I_{24}} \right)^{\frac{24^a - t^a}{24^a - 1}} \cdot h(T)$$

I_1 = intensidad media en la hora más lluviosa de ese día (se introduce el valor de I_1/I_{24} leído directamente en el mapa n° 1.

I_{24} = intensidad media diaria = $P_{500}/24$.

t = período de tiempo (horas) para el que se quiere calcular la intensidad.

I_t = intensidad media en el período t .

T = período de retorno al que se refiere la intensidad diaria I_{24} .

a = valor leído en el mapa n° 2.

$h(T)$ = función que se calcula con las fórmulas indicadas más abajo.

El valor de la función $h(T)$ se calcula con una de las siguientes fórmulas:

$t < 1$ hora, punto situado en la Zona 1 (mapa n° 3)

$$h(T) = -0,0004 \cdot (\ln(T))^2 + 0,0092 \cdot \ln(T) + 1,0044$$

$t < 1$ hora, punto situado en la Zona 2 (mapa n° 3)

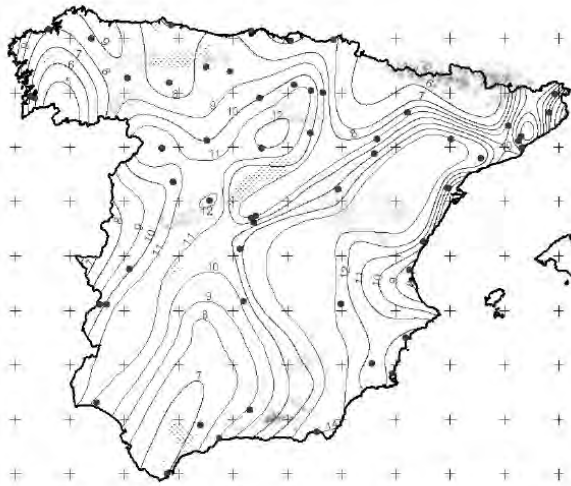
$$h(T) = -0,007 \cdot (\ln(T))^2 + 0,1066 \cdot \ln(T) + 0,9086$$

$t > 1$ hora, punto situado en la Zona 1 (mapa n° 4)

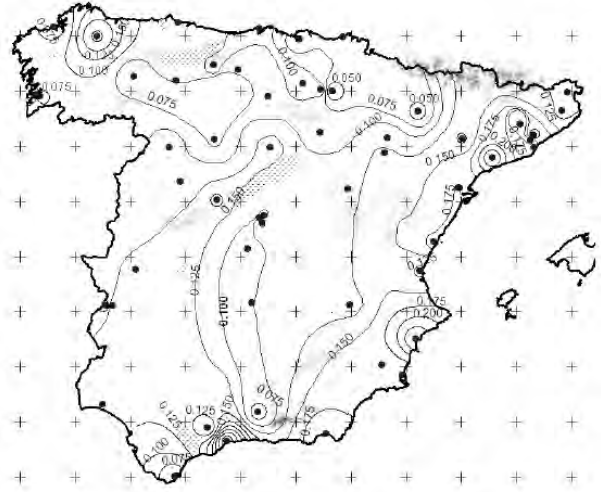
$$h(T) = 0,0012 \cdot (\ln(T))^2 - 0,0136 \cdot \ln(T) + 1,0218$$

$t > 1$ hora, punto situado en la Zona 2 (mapa n° 4)

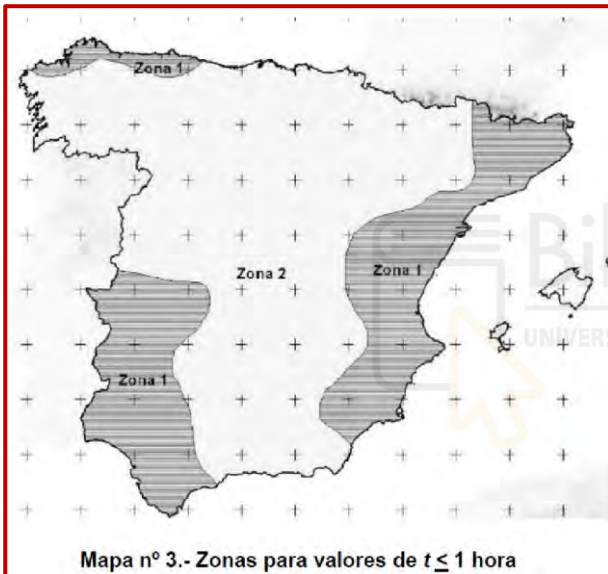
$$h(T) = -0,0037 \cdot (\ln(T))^2 + 0,055 \cdot \ln(T) + 0,9536$$



Mapa nº 1.- Valores de (I_1/I_{24}) (■): Áreas de incertidumbre



Mapa nº 2.- Valores del coeficiente a (■): Áreas de incertidumbre



Mapa nº 3.- Zonas para valores de $t \leq 1$ hora



Mapa nº 4.- Zonas para valores de $t > 1$ hora

Del *Mapa nº 1* obtenemos:

$$\frac{I_1}{I_{24}} = 11$$

Del *Mapa nº 2* obtenemos:

$$a = 0,150$$

Para $t=1$, obtenemos del *Mapa nº 3* la **Zona 1** para el cálculo de la función $h(T)$, que será:

$$h(500) = -0,0004 \cdot (\ln(500))^2 + 0,0092 \cdot \ln(500) + 1,0044 = 1,046$$

Una vez obtenido este parámetro pasamos a calcular cuál será la intensidad de lluvia para una tormenta de una hora de duración:

$$I_d = \frac{P_{500}}{24} = \frac{181,97 \text{ mm}}{24 \text{ h}} = 7,58 \text{ mm/h}$$

Quedando la intensidad para una hora de tormenta igual a:

$$I_t = 7,58 \cdot (11)^{\frac{24^{0,1} - 1^{0,1}}{24^{0,1} - 1}} \cdot 1,043 = 87,25 \text{ mm/h}$$

La **intensidad de precipitación para 1 hora** de duración es de **87,25 mm/h**.

Los valores obtenidos mediante las dos formulaciones son los siguientes:

Intensidad de precipitación para 1 hora (I_t)	
Instrucción 5.2-IC	Modificación Salas y Fernández
83,40 mm/h	87,25 mm/h

6. Para conocer el caudal provocado por esta intensidad de lluvia necesitamos conocer la superficie que ocupa el embalse:

$$S_{balsa} = 13.320 \text{ m}^2$$

Conociendo esto, podremos obtener cuál sería el caudal de la máxima lluvia sobre la superficie de la balsa (Q_p en m^3/s):

$$Q_p = \frac{I_t \cdot S_{balsa}}{3600} = \frac{83,40 \cdot 13.320}{3.600 \cdot 10^3} = 0,3086 \text{ m}^3/\text{s}$$

Una vez hallado este caudal provocado por la precipitación máxima sobre la balsa, falta conocer cuál sería el caudal de entrada en caso de que no se pudiera cortar por algún fallo la entrada de esta al embalse.

$$Q_e = 100 \text{ l/s} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por tanto, el caudal a evacuar por el aliviadero sería la suma de estos dos:

$$Q_{\text{Alivio}} = Q_p + Q_e = 0,3086 + 0,1 = 0,4086 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.- TIPOS DE ALIVIADEROS

Los aliviaderos que encontramos pueden ser de estos tipos:

3.1.- ALIVIADEROS DE SECCIÓN ABIERTA

Caracterización hidráulica

Los aliviaderos mediante canal rectangular y badén funcionan hidráulicamente como vertederos de cresta ancha, aunque realmente, no se proyecta verdaderamente un vertedero, con su correspondiente labio de vertido. Esto implica que su caracterización hidráulica solo se puede realizar de manera aproximada con las fórmulas disponibles.

La caracterización hidráulica se puede obtener a partir del supuesto de vertedero de cresta ancha, cuando se cumpla la relación $e/h > 0,67$, siendo:

e: anchura de la cresta del vertedero (m) = 4,00 m (ancho del pasillo de coronación).

h: la carga de agua en el vertido (m) = 0,20 m.

Para este caso se emplea la expresión general del caudal, afectada de un coeficiente ϵ_1 :

$$Q = \epsilon_1 \cdot \mu \cdot \sqrt{2g} \cdot b \cdot h^{\frac{3}{2}}$$

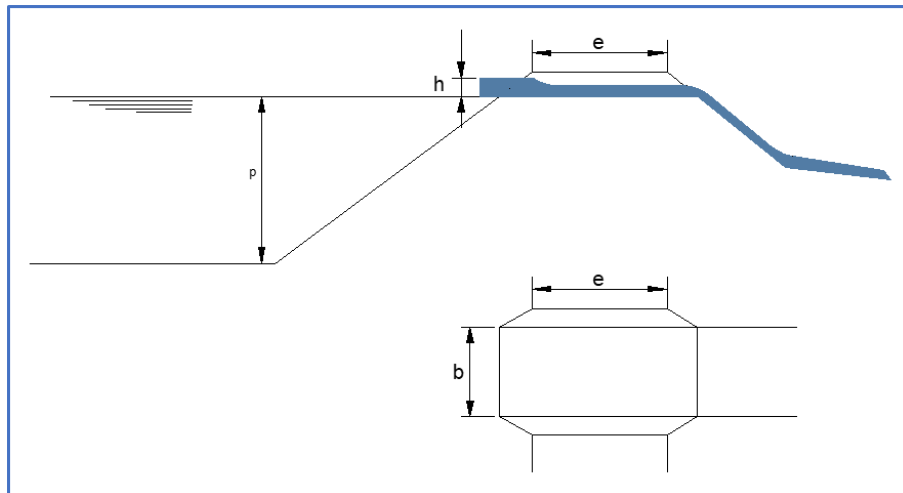
Siendo:

Q: Caudal de diseño (m^3/s)

μ : coeficiente para este tipo de vertedero = 0,367

b: ancho del canal (m)

g: aceleración de la gravedad (m/s^2) = 9,8



El procedimiento para realizar el cálculo es fijar un calado h (m) a partir del dato de la precipitación máxima diaria (P^{500}_{24h} en mm de altura de agua) calculada anteriormente que es de 181,97 mm. Por tanto, fijamos un calado de 20 cm en el aliviadero.

Se cumple:

$$\frac{e}{h} = \frac{4}{0,20} = 20 > 0,67$$

El coeficiente ε_1 depende de la relación e/h según la ecuación:

$$\varepsilon_1 = 0,7 + \frac{0,185}{e/h} = 0,7 + \frac{0,185}{\frac{4,00}{0,20}} = 0,71$$

El coeficiente de descarga μ es:

$$\mu = 0,6 \cdot \left(0,605 + \frac{1}{1.050 \cdot h - 3} + 0,08 \frac{h}{p} \right)$$

Sustituyendo los valores en la ecuación del caudal, se obtiene:

$$Q = 0,71 \cdot 0,367 \cdot \sqrt{2g} \cdot 4 \cdot 0,20^3 = 0,412 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se obtiene un caudal de desagüe de **0,412 m³/s**, valor superior al caudal de diseño.

3.2.- ALIVIADEROS MEDIANTE TUBERÍA

Caracterización hidráulica

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

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

Donde:

Q: caudal (l/s)

D: Diámetro (dm)

h: altura de la lámina de agua sobre el labio (dm).

ϕ : Función de h/D dada por la Tabla

μ : Coeficiente de gasto determinado a partir de la expresión:

$$\mu = 0,555 + \frac{D}{110 \cdot h} + 0,041 \cdot \frac{h}{D}$$

Para calcular la función se puede emplear la expresión aproximada de Ramponi:

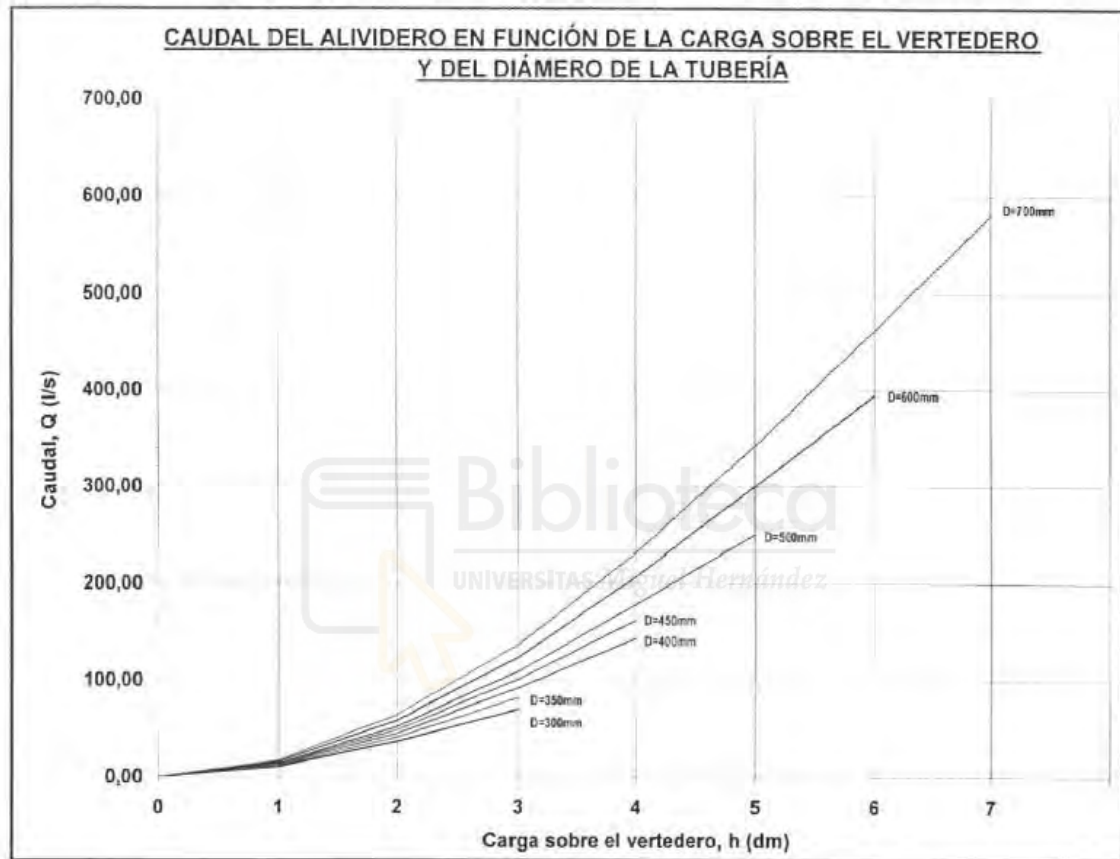
$$= 10,12 \cdot \left(\frac{h}{D}\right)^{1,975} - 2,66 \cdot \left(\frac{h}{D}\right)^{3,78}$$

h/D	ϕ	h/D	ϕ
0,05	0,0272	0,55	2,8298
0,10	0,1068	0,60	3,3043
0,15	0,2367	0,65	3,8000
0,20	0,4154	0,70	4,3124
0,25	0,6407	0,75	4,8370
0,30	0,9106	0,80	5,3687
0,35	1,2224	0,85	5,9024
0,40	1,5734	0,90	6,4327
0,45	1,9606	0,95	6,9538
0,50	2,3806	1,00	7,4600

Coeficiente ϕ para el cálculo de aliviaderos

En la siguiente figura se representa el caudal Q en función de la altura de agua sobre el labio h , para distintos diámetros, teniendo en cuenta las expresiones anteriores.

No obstante, el diámetro mínimo de estas tuberías no debería ser inferior a 600 mm, independientemente del caudal de cálculo, para evitar que puedan ser taponadas y conseguir una mayor capacidad de volumen de agua.



PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO Nº 1.- LOCALIZACIÓN

PLANO Nº 2.- SITUACIÓN

PLANO Nº 3.- EMPLAZAMIENTO SOBRE MTN25

PLANO Nº 4.- EMPLAZAMIENTO SOBRE PNOA

PLANO Nº 5.- TOPOGRÁFICO

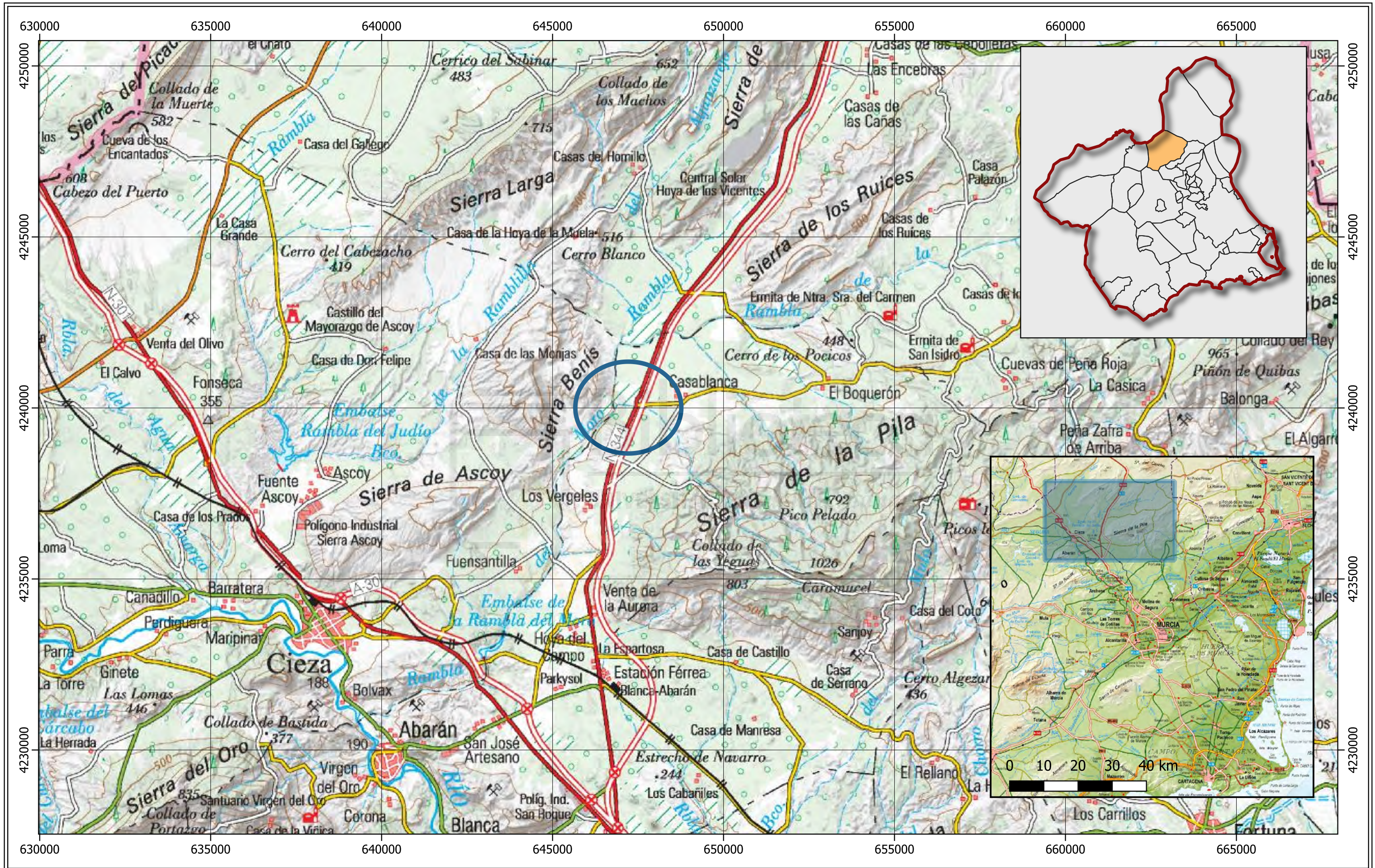
PLANO Nº 6.- PLANTA DE LA Balsa

PLANO Nº 7- MOVIMIENTO DE TIERRAS

PLANO Nº 8.- SECCIONES TRANSVERSALES

PLANO Nº 9.- EXPLANACIÓN FINAL DE LA Balsa





UNIVERSIDAD
MIGUEL HERNÁNDEZ
ESCUELA POLITÉCNICA
SUPERIOR DE ORIHUELA

Trabajo Fin de Grado:
DISEÑO DE UNA BALSA REGULADORA DE AGUA
DE RIEGO SITUADA EN EL T.M. DE CIEZA

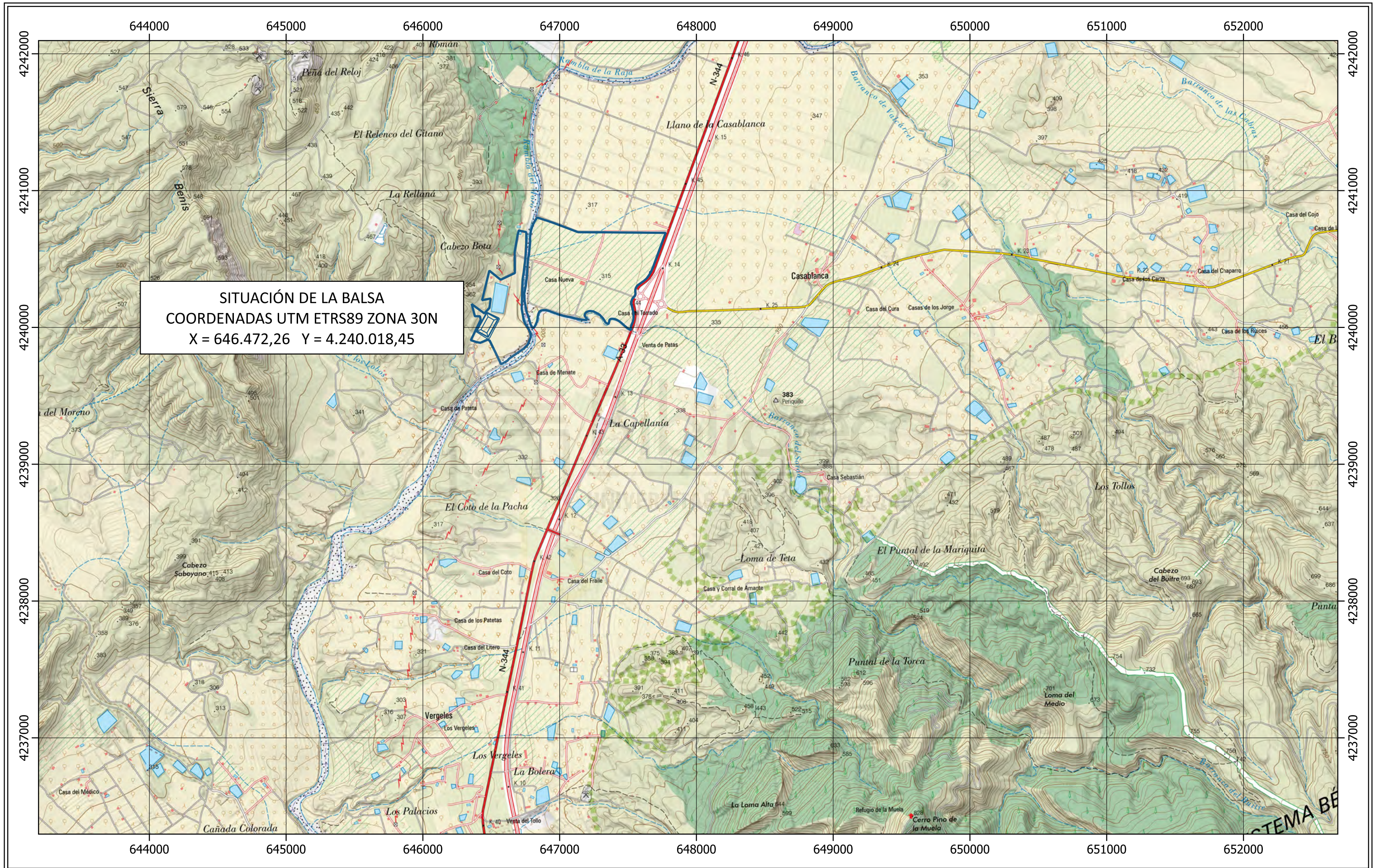
Plano de:
LOCALIZACIÓN

Nº Plano:
1

La alumna:
LAURA SÁNCHEZ MARTÍNEZ

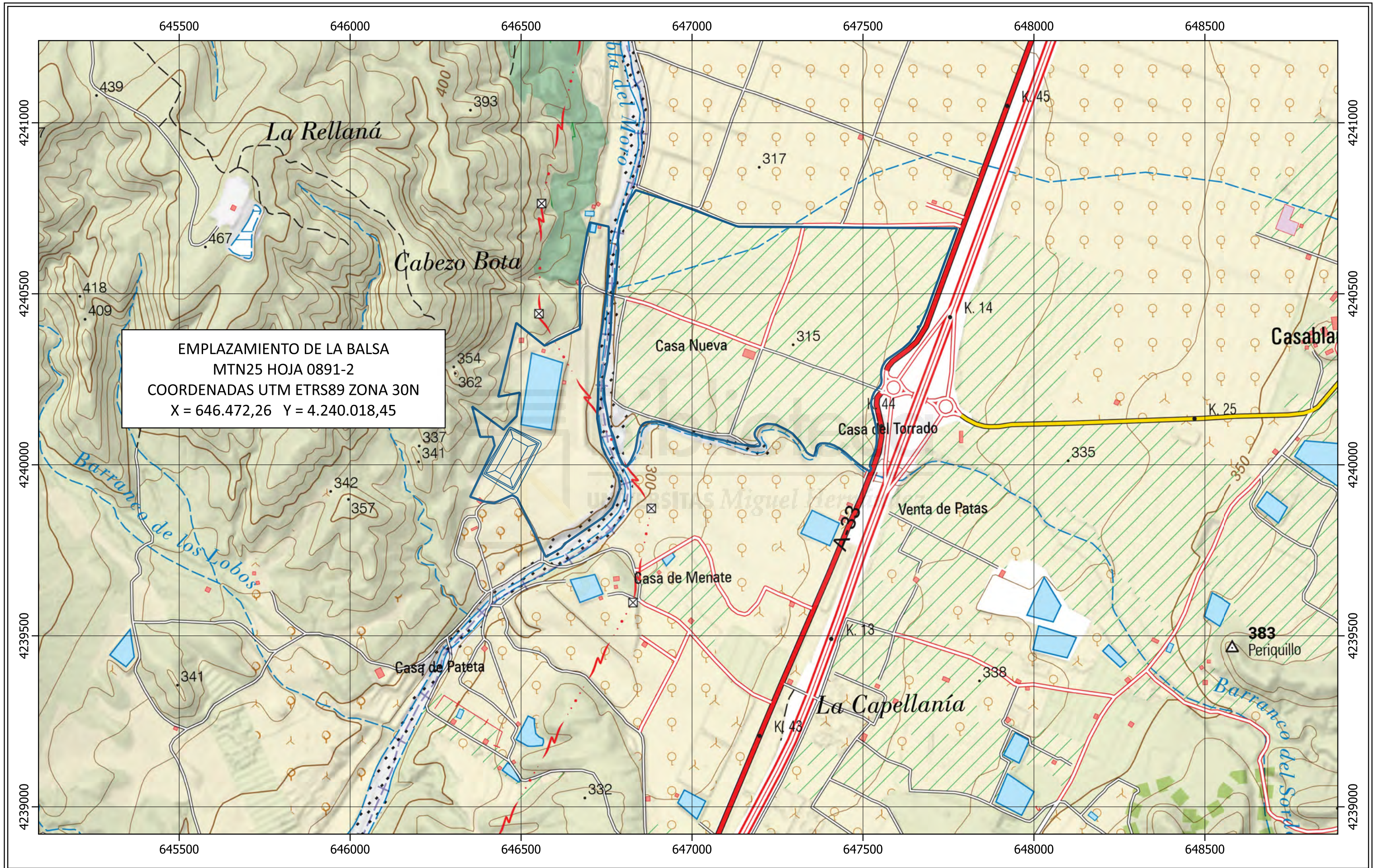
Fecha: JUNIO 2025
Escala: 1:100.000





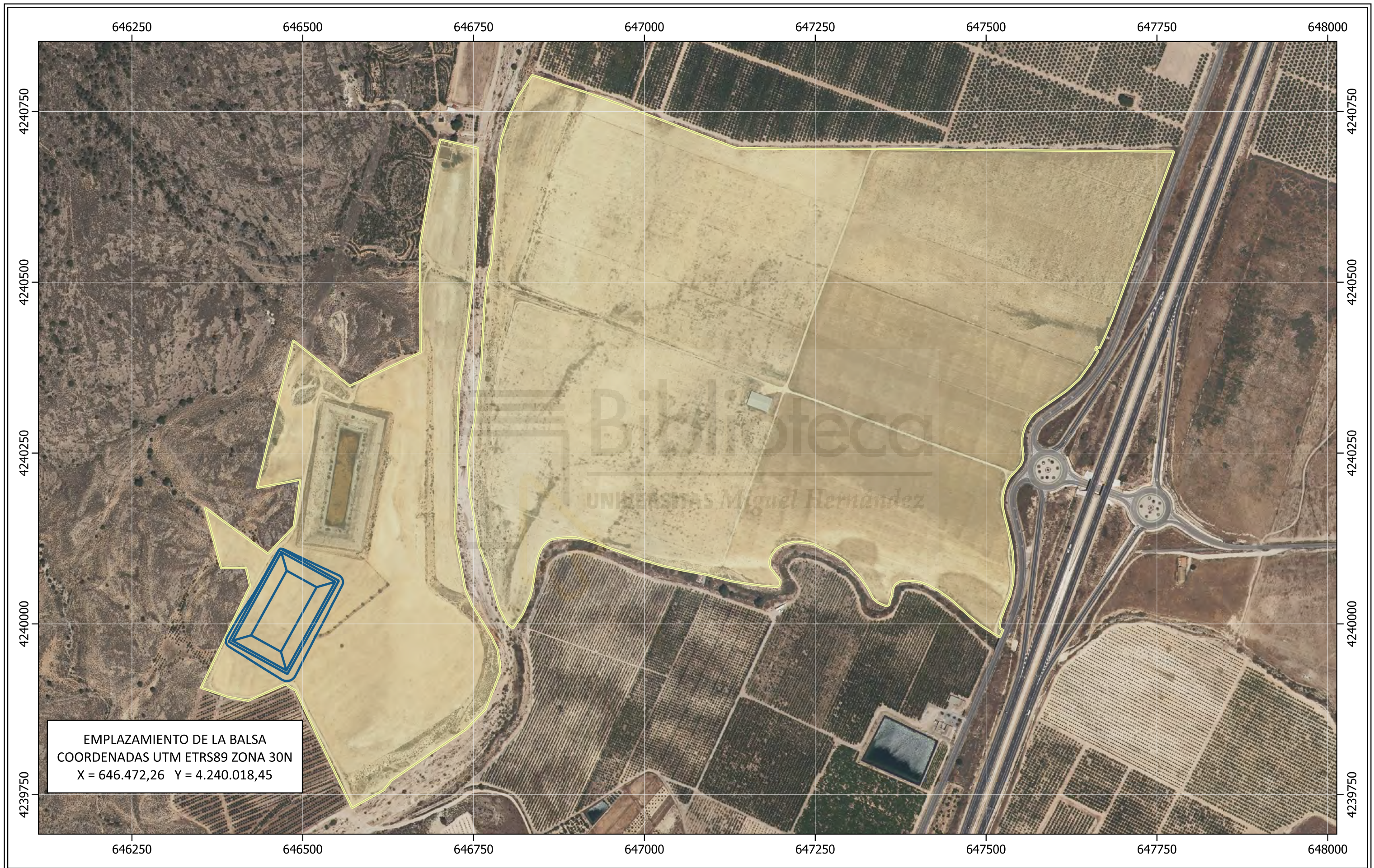
SITUACIÓN DE LA BALSA
COORDENADAS UTM ETRS89 ZONA 30N
X = 646.472,26 Y = 4.240.018,45

	UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA	Trabajo Fin de Grado: DISEÑO DE UNA BALSA REGULADORA DE AGUA DE RIEGO SITUADA EN EL T.M. DE CIEZA	Plano de: <p style="text-align: center;">SITUACIÓN</p>	Nº Plano: <p style="text-align: center;">2</p>	La alumna: <p style="text-align: center;">LAURA SÁNCHEZ MARTÍNEZ</p>	Fecha: JUNIO 2025 Escala: 1:25.000	

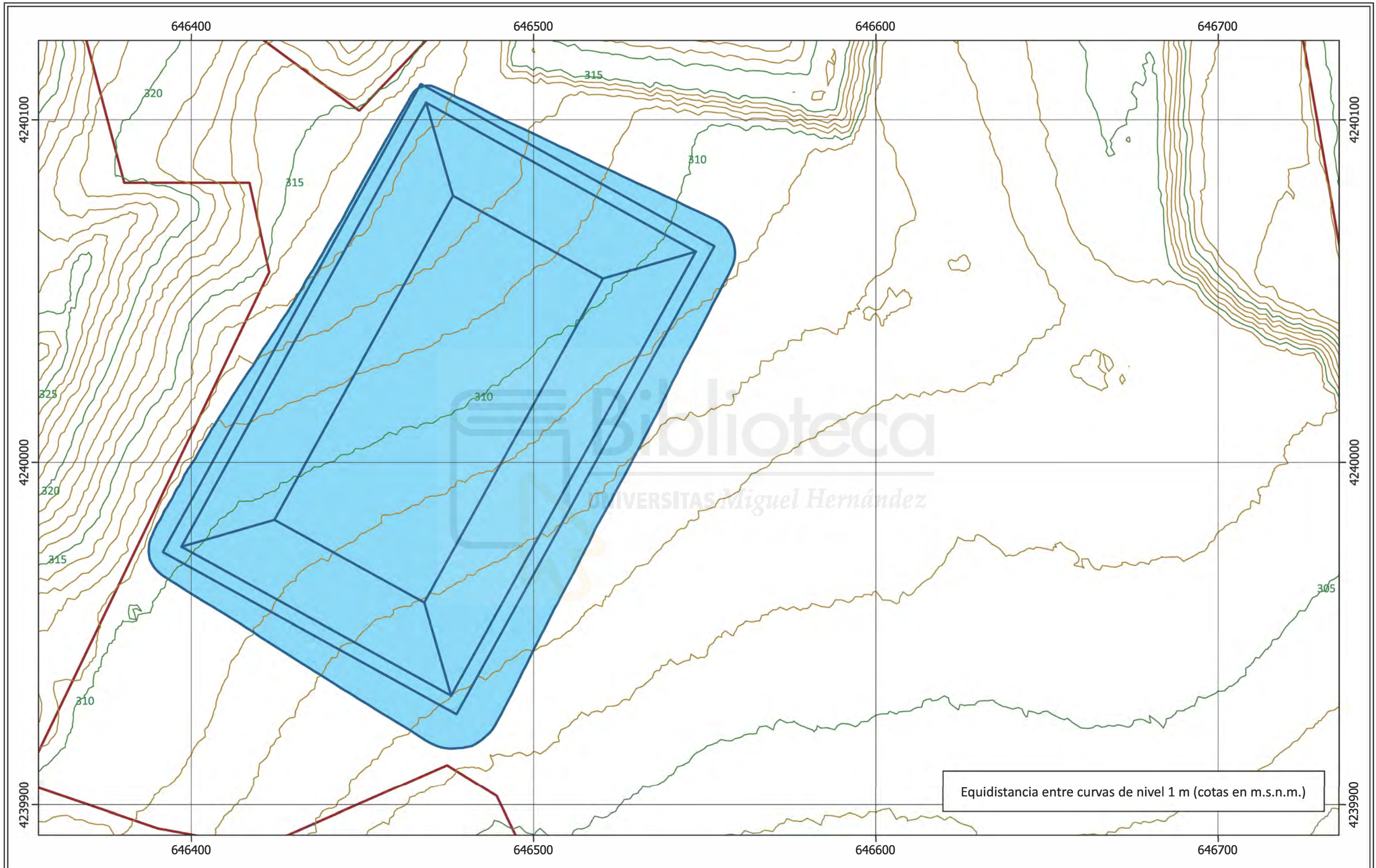


EMPLAZAMIENTO DE LA Balsa
 MTN25 HOJA 0891-2
 COORDENADAS UTM ETRS89 ZONA 30N
 X = 646.472,26 Y = 4.240.018,45

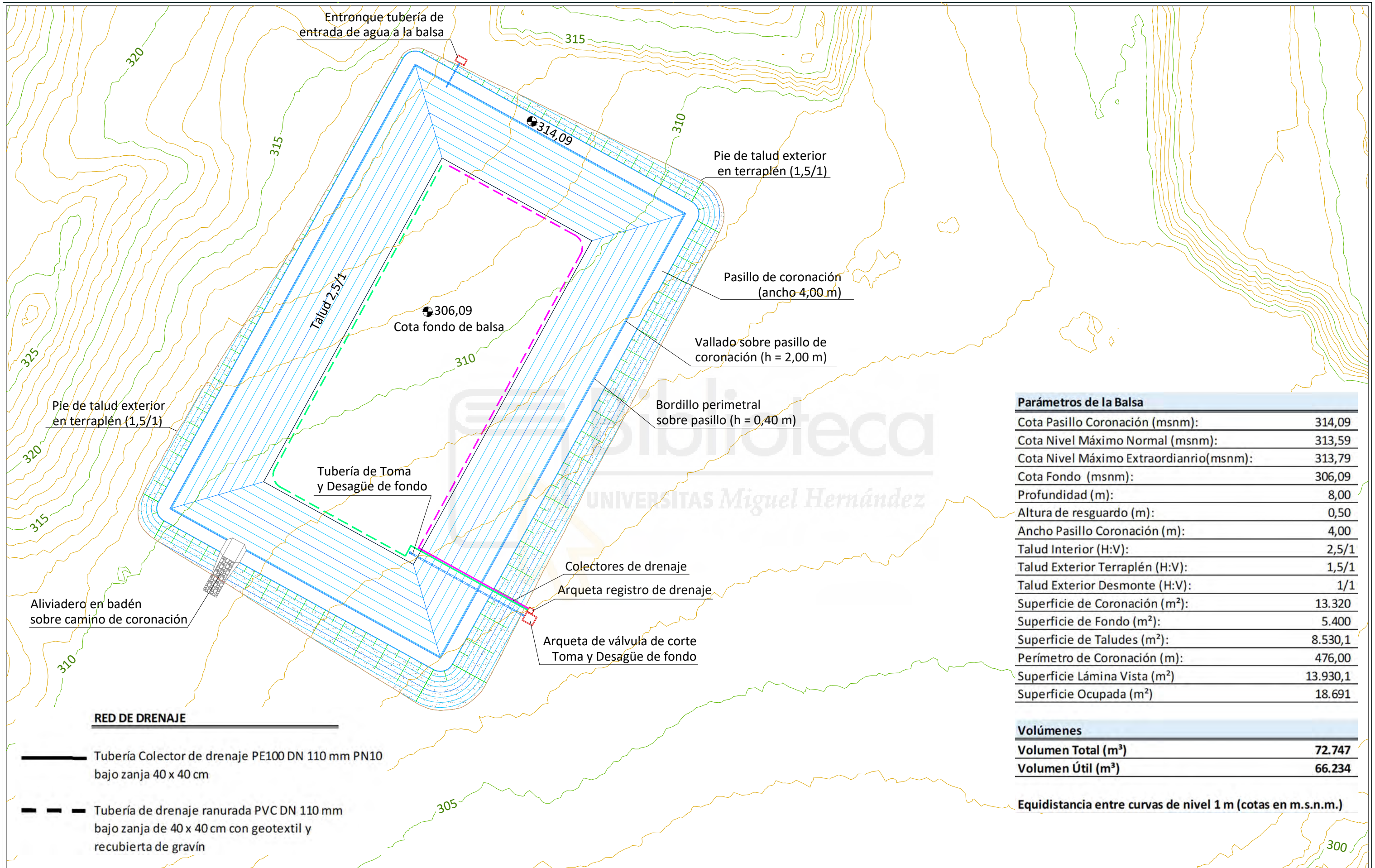
 UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA	Trabajo Fin de Grado: DISEÑO DE UNA Balsa REGULADORA DE AGUA DE RIEGO SITUADA EN EL T.M. DE CIEZA	Plano de: EMPLAZAMIENTO SOBRE MTN25	Nº Plano: 3	La alumna: LAURA SÁNCHEZ MARTÍNEZ	Fecha: JUNIO 2025	
					Escala: 1:10.000	



 <p>UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA</p>	<p>Trabajo Fin de Grado: DISEÑO DE UNA Balsa REGULADORA DE AGUA DE RIEGO SITUADA EN EL T.M. DE CIEZA</p>	<p>Plano de: EMPLAZAMIENTO SOBRE PNOA</p>	<p>Nº Plano: 4</p>	<p>La alumna: LAURA SÁNCHEZ MARTÍNEZ</p>	<p>Fecha: JUNIO 2025 Escala: 1:5.000</p>	
---	--	--	-------------------------------	--	--	---



 <p>UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA</p>	<p>Trabajo Fin de Grado: DISEÑO DE UNA BALSA REGULADORA DE AGUA DE RIEGO SITUADA EN EL T.M. DE CIEZA</p>	<p>Plano de: TOPOGRÁFICO</p>	<p>Nº Plano: 5</p>	<p>La alumna: LAURA SÁNCHEZ MARTÍNEZ</p>	<p>Fecha: JUNIO 2025</p>	
					<p>Escala: 1:1.000</p>	



Parámetros de la Balsa

Cota Pasillo Coronación (msnm):	314,09
Cota Nivel Máximo Normal (msnm):	313,59
Cota Nivel Máximo Extraordinario(msnm):	313,79
Cota Fondo (msnm):	306,09
Profundidad (m):	8,00
Altura de resguardo (m):	0,50
Ancho Pasillo Coronación (m):	4,00
Talud Interior (H:V):	2,5/1
Talud Exterior Terraplén (H:V):	1,5/1
Talud Exterior Desmorte (H:V):	1/1
Superficie de Coronación (m ²):	13.320
Superficie de Fondo (m ²):	5.400
Superficie de Taludes (m ²):	8.530,1
Perímetro de Coronación (m):	476,00
Superficie Lámina Vista (m ²):	13.930,1
Superficie Ocupada (m ²):	18.691

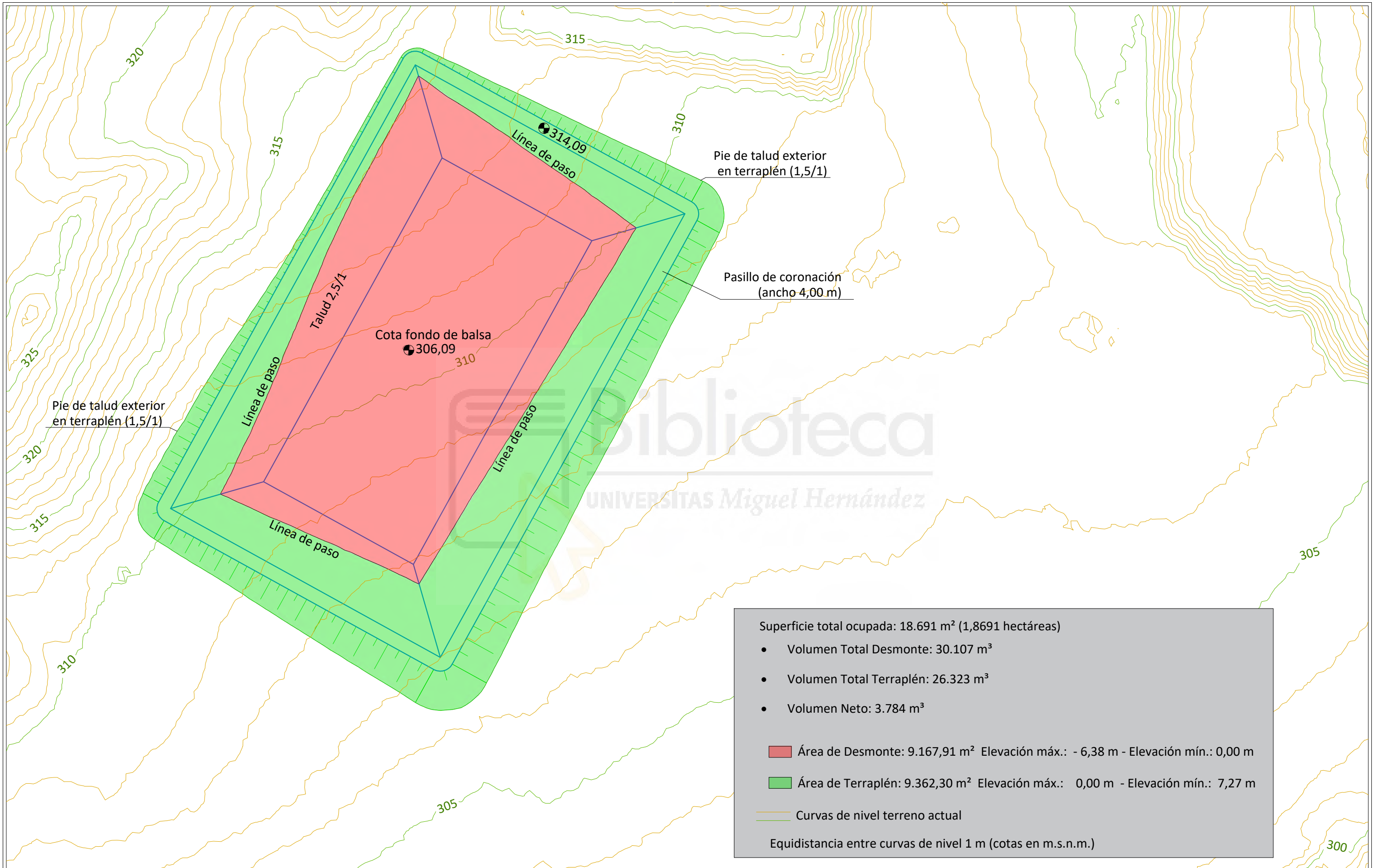
Volúmenes

Volumen Total (m ³)	72.747
Volumen Útil (m ³)	66.234

Equidistancia entre curvas de nivel 1 m (cotas en m.s.n.m.)

RED DE DRENAJE

- Tubería Colector de drenaje PE100 DN 110 mm PN10 bajo zanja 40 x 40 cm
- Tubería de drenaje ranurada PVC DN 110 mm bajo zanja de 40 x 40 cm con geotextil y recubierta de gravín



Superficie total ocupada: 18.691 m ² (1,8691 hectáreas)	
•	Volumen Total Desmonte: 30.107 m ³
•	Volumen Total Terraplén: 26.323 m ³
•	Volumen Neto: 3.784 m ³
■	Área de Desmonte: 9.167,91 m ² Elevación máx.: - 6,38 m - Elevación mín.: 0,00 m
■	Área de Terraplén: 9.362,30 m ² Elevación máx.: 0,00 m - Elevación mín.: 7,27 m
	Curvas de nivel terreno actual
Equidistancia entre curvas de nivel 1 m (cotas en m.s.n.m.)	



UNIVERSIDAD
MIGUEL HERNÁNDEZ
ESCUELA POLITÉCNICA
SUPERIOR DE ORIHUELA

Trabajo Fin de Grado:
DISEÑO DE UNA Balsa REGULADORA DE AGUA
DE RIEGO SITUADA EN EL T.M. DE CIEZA

Plano de:
MOVIMIENTO DE TIERRAS

7

La alumna:
LAURA SÁNCHEZ MARTÍNEZ

Fecha:
JUNIO 2025
Escala:
1:1.000



