



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Diseño hidráulico de un canal de evacuación de aguas
pluviales en el término municipal de Alzira (Valencia)

Presentado por

Pons Martinez, Vicent

Para la obtención del

**Grado de Ingeniería de Obras Públicas especialidad en Hidráulica
e Hidrología**

Curso: 2021/2022

Fecha: 16/02/2022

Tutor: García Bartual, Rafael Luis

Cotutor: Eguibar Galán, Miguel Ángel

Índice

1.	Introducción	4
2.	Objetivos y marco normativo	4
2.1	Objetivos	4
2.2	Marco normativo	5
3.	Problemática y descripción de la zona de estudio	6
3.1	Introducción a la problemática	6
3.2	Problemática cuencas de estudio	10
3.3	Topografía	12
4.	Estudio Hidrológico	14
4.1	Descripción general de la cuenca de estudio.....	14
4.1.1	Esquema hidráulico de la red de barrancos.	15
4.2	Descripción geomorfométrica de la cuenca de estudio.....	16
4.2.1	Tiempo de concentración.	17
4.3	Características hidromorfométricas de las subcuencas consideradas	18
4.3.1	Umrales de escorrentía.	18
4.4	Precipitaciones máximas diarias.	28
4.4.1	Análisis estadístico de la precipitación.	31
4.4.2	Distribución espacial de la precipitación.	38
5.	Estimación de caudales de cálculo	40
5.1	Coefficiente de uniformidad temporal.....	41
5.2	Coefficiente de escorrentía.	42
5.3	Intensidad de lluvia media	44
5.4	Caudal de diseño	47
6.	Diseño canal.	47
6.1	Introducción	48
6.2	Perfil longitudinal	50
6.3	Secciones transversales más significativas.....	54
6.4	Presentación de resultados.....	74
7.	Procedimiento de construcción	77
7.1	Desvios	78
7.2	Acopios	80
8.	Presupuesto	80
9.	Referencias bibliográficas	81



PLANOS

1. Plano situación general.
2. Plano localización canal.
3. Reportaje fotográfico zona.
4. Planta general - Perfil longitudinal.
5. Secciones transversales.
6. Plano topográfico.

ANEJOS

ANEJO I – Datos estaciones meteorológicas.

ANEJO II – Presupuesto.

ANEJO III - Análisis estadístico.

Anejo IV - cálculos método racional modificado de Temez.

Anejo V - Canal hidráulico evacuación.

1. Introducción.

Con la realización de este estudio, se pretende evitar las inundaciones provocadas por las escorrentías procedentes de los barrancos de La Casella, Vilella y L'Estret, ofreciendo una posible solución para la evacuación de las escorrentías superficiales producidas por las tres cuencas durante las lluvias que puedan producir inundaciones.

En primer lugar, se analiza la problemática existente en la zona, en relación a las inundaciones locales provocadas por las cuencas citadas en el área urbana de Alzira, con afecciones de diversa índole en la población, mobiliario urbano y edificaciones.

Para ello, se realiza una descripción detallada del entorno urbano en cuestión, así como las correspondientes estimaciones de lluvias de diseño y escorrentías asociadas, para eventos hidrológicos de diversos periodos de retorno, en las cuencas adyacentes.

Posteriormente, se plantean las alternativas basadas en una canalización urbana en lámina libre capaz de evacuar las escorrentías los caudales de cálculo.

Con todo ello, se pretende verificar el correcto funcionamiento del diseño propuesto detallando los calados previsibles en un conjunto de secciones del canal para distintos inputs hidrológicos.

2. Objetivos y marco normativo.

2.1 Objetivos.

El objetivo general de este trabajo es:

- Proponer una solución eficaz para la correcta evacuación de las aguas pluviales procedentes de los barrancos de La Casella, Vilella y L'Estret, con el objetivo de reducir el impacto de las inundaciones urbanas provocadas en el T.M. de Alzira durante episodios de lluvia intensa.

Para alcanzar este objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los datos pluviométricos e hidrológicos para realizar un correcto dimensionamiento del canal para el drenaje de la escorrentía superficial.

- Estimar el caudal de diseño del canal para los periodos de retorno $T=25$ años, $T=500$ años, $T=100$ años $T=250$ años $T=500$ años mediante el método racional modificado de Temez..

-Dimensionamiento del canal capaz de evacuar un Caudal igual al calculado para un tiempo de retorno de 500 años.

2.2 Marco normativo.

A nivel nacional, encontramos la siguiente normativa en relación a la gestión hidráulica:

- Real Decreto 18/2016, de 15 de enero, por el que se aprueban los Planes de gestión del riesgo de inundación de las demarcaciones hidrográficas del Guadalquivir, Segura, Júcar y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Miño-Sil, Duero, Tajo, Guadiana, Ebro, Ceuta y Melilla (Ministerio de la Presidencia, 2016).

El Plan de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI) de la Demarcación Hidrográfica del Júcar, aprobado por este Real Decreto, incluye la necesidad de evaluar el logro de sus objetivos a través del seguimiento de las medidas incluidas en el programa de medidas para lo cual ya se identificaron una serie de indicadores cuantitativos y cualitativos cuya evolución dará razón del progreso del Plan.

- Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación (Ministerio de la Presidencia, 2010).

Este real decreto regula los procedimientos para la realización de evaluaciones preliminares del riesgo de inundaciones, mapas de peligros y riesgos y planes de gestión del riesgo de inundaciones en toda España.

El propósito de este decreto es, por un lado, obtener un conocimiento y evaluación adecuados de los riesgos asociados a las inundaciones y, por otro lado, lograr acciones coordinadas de todas las administraciones estatales y de la sociedad para reducir los efectos negativos para la salud y la seguridad de las personas y los bienes, así como del medio ambiente, el patrimonio cultural, las actividades económicas y la infraestructura relacionada con las inundaciones en la zona afectada.

A nivel autonómico, encontramos la siguiente legislación sobre la gestión hidráulica:

- Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunitat Valenciana (PATRICOVA) (Direcció General d'Ordenació del Territori Urbanisme i Paisatge, 2015)

El problema con el que está trabajando PATRICOVA es el riesgo de inundaciones regionales en la Comunidad Valenciana.

Los objetivos de este Plan son:

a) Obtener un conocimiento y valoración adecuados de los riesgos de inundaciones en la Comunidad Valenciana.

b) Establecer procedimientos administrativos flexibles y rigurosos para incorporar la variable inundación en los planes, programas y proyectos que se proyecten en el sitio.

c) Realización de acciones coordinadas de todas las administraciones estatales y agentes sociales para reducir las consecuencias negativas de las inundaciones para la salud y la propiedad de las personas, el medio ambiente, el patrimonio cultural, el paisaje, la actividad económica, las instalaciones y las infraestructuras.

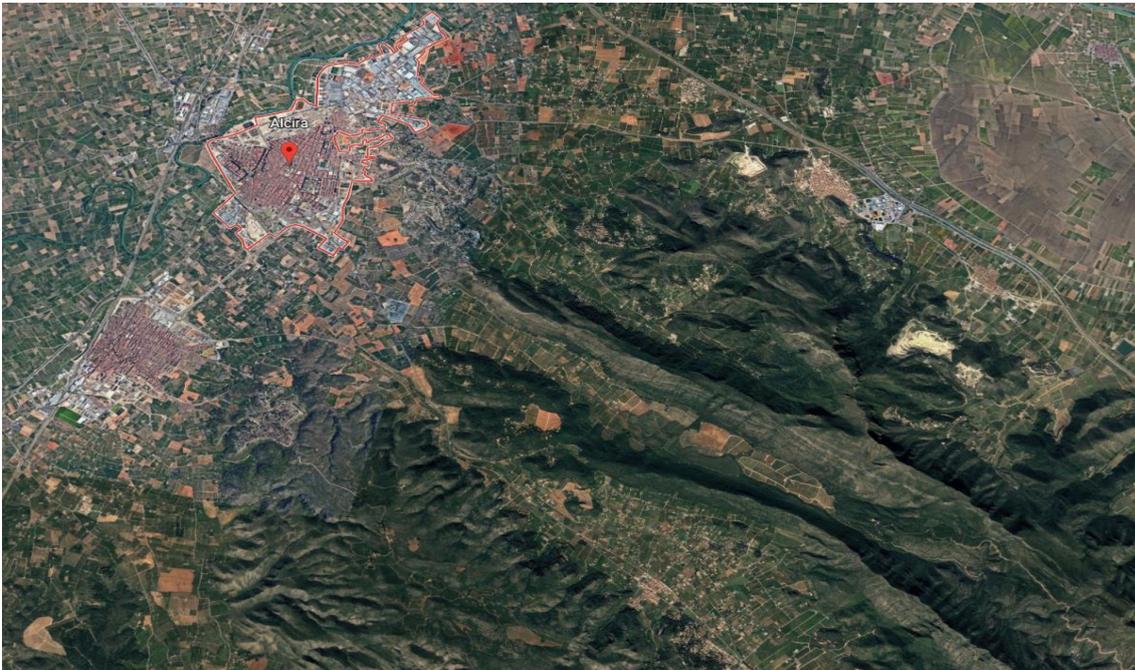
d) Orientación del desarrollo urbano y territorial hacia áreas no inundables o, en su caso, áreas con menor riesgo de inundación, si permiten el asentamiento, favoreciendo los modelos urbanísticos y territoriales más eficientes.

e) Manejo de llanuras inundables en el sistema territorial de infraestructura verde, contribuyendo a la prestación de servicios ambientales, así como a la conservación y mejora de los paisajes naturales y culturales alrededor del agua.

3. Problemática y descripción de la zona de estudio

3.1. Introducción a la problemática.

Alzira es una ciudad de la provincia de Valencia en la Comunidad Valenciana (España), ubicada en la comarca de la Costa Alta y capital de esta comarca. Según el INE en 2018, Alzira contaba con 45.043 residentes censados.



Mapa del término municipal de Alzira

Se encuentra principalmente en el margen derecho del río Júcar. El término se divide en dos sectores: uno con una superficie de 83,24 km² y el otro con una superficie de 28,22 km², denominado algarrobo, que está dividido por los términos municipales Massalaves, Benimuslem, Alberic y Benimodo, que forman un enclave.

La superficie del término es muy irregular y completamente plana a orillas del río Júcar. Al sureste se extienden paralelamente las sierras de Corbera, La Murta y Les Agulles, entre las que se desarrollan los valles de Murta, La Casella y Aigues Vives. El sector del Garrofer se sitúa en las escarpadas laderas orientales de la Sierra de Tous.

Además, el municipio de Alzira está atravesado por el río Júcar, del que afluyen el río de los Ojos o Verde a la izquierda, y el barranco de Barxeta a la derecha.

Por otro lado, el clima es mediterráneo, con una fuerte transición de los veranos a las fuertes lluvias otoñales que provocan frecuentes inundaciones.

En cuanto a la agricultura, los principales cultivos de secano son el algarrobo, la vid, el olivo, el almendro y otros. El riego es alimentado por las aguas del Canal de Riego Real y el cultivo más importante es el naranjo.

Sin embargo, el cultivo de arroz ha disminuido en los últimos años. Otros cultivos de hortalizas son el trigo, el maíz, los tomates, el algodón, las patatas, etc. La propiedad de la tierra está muy extendida. Cabe destacar que el 70 por ciento de la superficie es cultivada directamente por sus propietarios, predominando las áreas pequeñas.

La ganadería se dedica principalmente a la crianza de animales, con especial énfasis en la crianza de cerdos para la elaboración de embutidos. También es importante la avicultura con una gran empresa industrial y hay una rama importante del sector industrial del cultivo de naranjas.

No obstante, el verdadero desarrollo económico de la ciudad se produjo en la segunda mitad del siglo XX, cuando la antigua Alzira agrícola dio paso a una ciudad exclusivamente industrial y de servicios. En esta etapa jugó un papel importante el empresario Luis Sunier, recordado por los vecinos de este municipio como una persona emprendedora y generosa, dueño de un nutrido grupo de empresas y fundador de marcas tan populares como la antigua Avidesas.

Ahora Alzira se ha consolidado como un importante centro industrial y comercial con fábricas para la elaboración de helados, piensos, harinas, cartones, tintes, hilanderías, editoriales, fabricación de muebles, elementos de construcción, embalajes, empresas de transporte, etc.

La creación de nuevas zonas industriales, el intercambio del eje Alsira-Carcaixent con la nueva Avinguda de la Ribera y la expansión de la ciudad a través del sector de Tulell confirman el carácter dinámico de la ciudad. Considerada el motor económico de la región, también cuenta con la mayor parte de los entretenimientos y servicios que se ofrecen en la zona, generando así una gran cantidad de empleos directos e indirectos.

Alzira no era una ciudad turística, pero desde hace varios años se promueve su imagen en FITUR y otras ferias de turismo. El establecimiento de una oficina de información turística, sus paisajes naturales y rutas monásticas, sus monumentos BIC, las Fallas y Semana Santa (fiestas declaradas de interés turístico nacional) y su reciente transformación en municipio turístico pueden despertar este tipo de industria a pequeña escala en el futuro.

Igualmente, los lugares de interés de la ciudad son, por ejemplo, el Parque Natural y Monasterio de Murta, Casella y su Santuario de Ciervos, Puente de los Patronos de Sants, Murallas, Plaza Mayor o el Puente de Hierro sobre el río Júcar.

En cuanto a la hidrografía, el municipio se ubica en la cuenca del Júcar, a excepción de unas 450 hectáreas en la parte oriental, que, según la Confederación Hidrográfica de Júcar, pertenecen a la subcuenca de Xeraco. El Decreto 81/2010, de 7 de mayo, por el que se aprueba el Plan Especial de Riesgo de Inundaciones de la Comunidad Valenciana, denomina la subcuenca del Xeraco como cuenca del río Vaca. Por tanto, el río principal que fluye del agua del municipio es el río Hukar.

En la zona de La Garrofera, los cursos de agua más importantes son:

- Barranco de Malet
- Barranco de la Mañana
- Rambla de Alberique
- Barranco de la Señora
- Barranco de los Tollos

Además, en la huerta de Alzira, los ríos y desfiladeros más importantes son:

- Río Verde o de los Ojos
- Barranco de Montortal
- Barranco de Barxeta
- Barranco de Vilella

En la zona de La Corbera, los barrancos más importantes son:

- Barranco de Eixavegó
- Barranco de la Murta
- Barranco de la Casella
- Barranco de L'Estret

Problemática de inundaciones

Geógrafos e historiadores han encontrado referencias históricas de 301 inundaciones provocadas por los ríos Túria y Xúquer a lo largo de casi 700 años. El listado de las avenidas provocadas por el río que rodeaba Alzira es inacabable.

Desde 1300 hasta el 1923 se han contabilizado más de ochenta años en que se han registrado una o más inundaciones notables. Dieciocho de ellas fueran suficientemente caudalosas como para inundar el centro de Alzira y Carcaixent y causar daños considerables, según constata la «Història d'Alzira» elaborada por sesenta especialistas coordinados por la Universitat de València y recién editada por el Ayuntamiento de Alzira.

Así, históricamente, Alzira ha sufrido inundaciones periódicas. Durante los últimos 150 años, las siguientes son las inundaciones más severas que han afectado a este municipio:

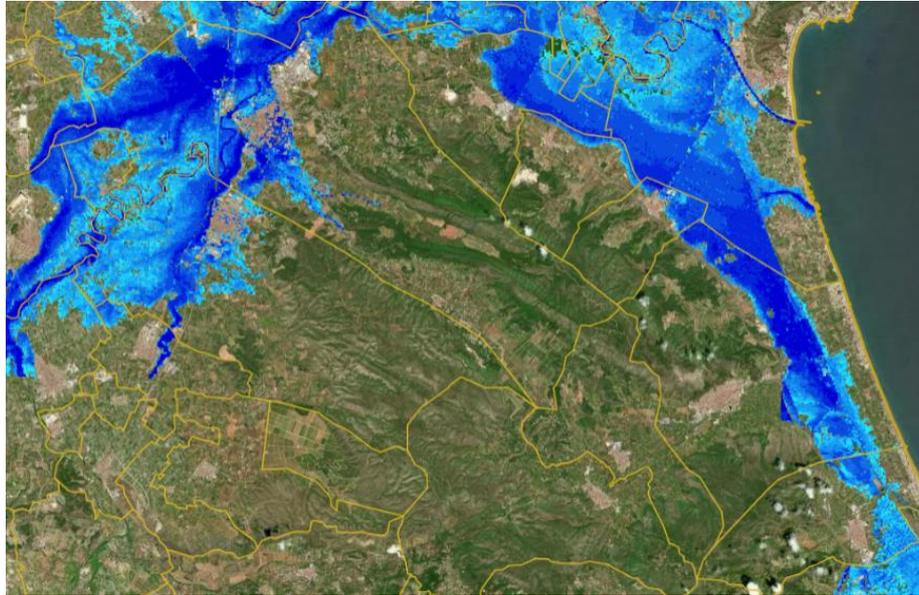
- El 4 de noviembre de 1864, denominada Riuada Grossa o San Carles, con un caudal del Júcar de 13.000 m³ / s.
- En 1884 y 1898, la altura del agua en la ciudad alcanzó los 4 metros.
- En 1916, según la cronología del ayuntamiento, la inundación provocó numerosas víctimas y daños.
- La inundación de 1923 se caracteriza por ser una de las peores inundaciones.
- El 20 de octubre de 1982, denominada "Pantanà" de Tous, con un caudal del Júcar de 15.000 m³ / s.
- Entre el 3 y el 5 de noviembre de 1987, llamada la "Riuà", el caudal del río Júcar fue de 5200 m³ / s.

Según el Plan Especial contra el Riesgo de Inundaciones de la Comunidad Valenciana, el riesgo del municipio es alto. El municipio se ve afectado por los siguientes planes de embalses:

- Zona I: Plan de regadíos del Real Júcar.
- Zona de alerta: plan de emergencia de Bellus.

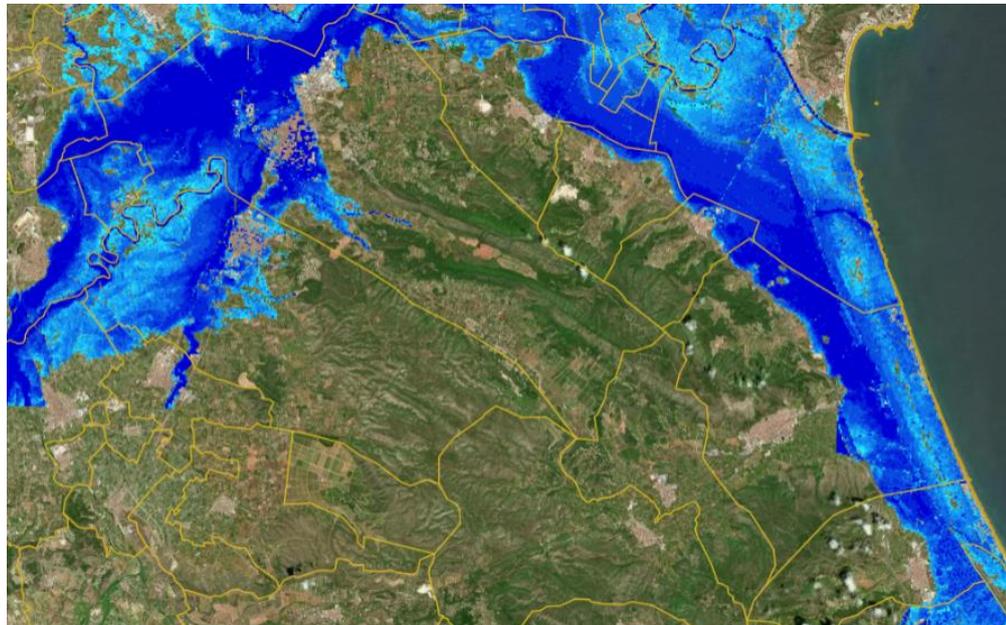
- Zona de alerta: plan de emergencia.

Por su situación geográfica, debido a donde se encuentra el municipio de Alzira hay mucha problemática con las inundaciones, por ser una zona de especial riesgo de inundabilidad, como se muestran en los mapas de inundabilidad de la zona para unos tiempos de retorno de 100 y 500 años.



Mapa de riesgo de inundaciones de la zona de estudio T=100 años

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/catalogo.do?Serie=SIOSE>



Mapa de riesgo de inundaciones de la zona de estudio T=500 años

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/catalogo.do?Serie=SIOSE>

3.2 Problemática cuencas de estudio.

Datos que nos muestran la importancia de las cuencas de estudio en la problemática de inundaciones del municipio de Alzira:

- En cuanto a las cuenca de estudio, un ejemplo es muy descriptivo es que la nueva estación ubicada en el valle de la Casella y que entró en funcionamiento en abril de 2019, haya cerrado por segundo año consecutivo con el registro más alto de lluvias de la Comunitat Valenciana, en base a los datos de los cerca de 550 observatorios que conforman la red de la Asociación Valenciana de Meteorología (Avamet), con unas precipitaciones anuales acumuladas de 1.417 l/m² y 1.484,8 l/m².



Inundación zona puente por donde cruza la CV-41

Los registros parciales de 2019 ya apuntaban un régimen de lluvias superior al de La Murta, un valle contiguo también ubicado en el término municipal de Alzira del que sí se disponían registros, y mucho mayor del que suele tener el núcleo urbano.

Para poner en comparación lo acumulado en la Casella, esta duplica ampliamente el volumen de lluvia recogido en el observatorio del parque de l'Alquenència, dentro del casco urbano de Alzira y por tanto a menos de diez kilómetros, donde en el mismo período se contabilizan casi 641 l/m², mientras que el pluviómetro ubicado en la azotea del ayuntamiento ofrece un dato incluso inferior con 615,4 l/m².

Por poner otro ejemplo, en septiembre de 2021 una tromba de 128 l/m² en una hora en la Casella provocó el miércoles por la noche una espectacular crecida de los barrancos de l'Estret y la Casella. El primero se llegó a desbordar en la partida de Vilella, ya en el tramo final donde confluye con el de la Casella.

- Por último, la elección de las cuencas de la Casella, Vilella y l'Estret para este estudio se sustenta también estudio, como el publicado por Juan Marco Segura, ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y Catedrático de Ingeniería Hidráulica, y Vicente Bellver Jiménez, ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, solicitado por el Ayuntamiento de Alzira; explicando que “las mayores inundaciones que ha sufrido el término de Alzira han sido causadas por el desbordamiento del barranco de la Casella, siendo el principal causante de las riadas en la ciudad”

Además añadieron que “De todos los análisis realizados se desprende que Alzira no tiene ninguna protección frente a las crecidas del barranco de la Casella. Mientras la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) en las últimas décadas ha realizado importantes actuaciones para frenar las inundaciones del Júcar, en estos barrancos afluentes no se ha proyectado ninguna iniciativa, convirtiéndolo actualmente en el principal foco”

3.3 Topografía.

El municipio de Alzira está dividido en dos partes por las llanuras aluviales del río Júcar. A la izquierda del río se encuentran las últimas estribaciones de la Sierra del Caballón, al pie de la cual se encuentra La Garrofera. A la derecha, partiendo de la misma ciudad de Alzira, se eleva la Sierra de Corbera, que se desplaza en dirección noroeste-sureste (Ayuntamiento de Alzira, 2019).

Las últimas estribaciones de la Sierra del Caballón o Mont de Tous se elevan a 338 metros sobre el nivel del mar desde el pico Palmeral, donde en su vertiente oriental se encuentra el hábitat de La Garrofera y la ciudad de Tous.

Las llanuras aluviales del Júcar forman, en parte del término Alzira, lo que localmente se llama Huerta. El Ortu está atravesado por los ríos Júcar y Verde, el primero de los cuales se adapta a la parte oriental de la llanura, y el río Verde en su centro.

Además, la Serralada de Corbera está formada por tres montañas: Serra de le Agulles, Serra de la Murta y Serra de Corbera, la última de las cuales dio nombre a todo.

La Sierra de Corbera se encuentra al noreste y tiene las elevaciones más altas de la gama: Cavall Bernat (587 m sobre el nivel del mar), L'Oue (529 m sobre el nivel del mar) y La Ratlla (625 m sobre el nivel del mar). De este último pico nace la Serra de la Murta, que cierra el Val de la Murta en su parte sur.

Finalmente, la Serra de les Agulles es el suroeste más meridional de la cordillera. Tiene su origen en el Pla de la Font del Barber y limita con las cuencas de los ríos Barranque de la Casella y L'Estret.



Zona de recogida de escorrentía de todas las cuencas durante inundación.

Las aguas del municipio de Alzira forman parte de la cuenca hidrográfica del río Júcar, con la excepción de unas 450 hectáreas ubicadas al este del municipio, que pertenecen a la cuenca del río Vaca.

El Verde y el Júcar son ríos permanentes, mientras que el resto de los canales son típicos bulevares mediterráneos, por los que el agua fluye solo durante la temporada de lluvias.

A continuación, en la figura 2, se muestran los cursos de agua más importantes del municipio.

Cursos d'Aigua
Barranc del Malet
Barranc de la Mañana
Barranc de la Señora
Barranc de Los Tollos
Barranc de Corral de Caballer
Barranc de Les Moreres
Riu Verd
Riu Xúquer
Barranc de Montortal
Barranc de la Murta
Barranc de la Casella
Barranc de L'Estret
Barranc de Barxeta
Barranc de Vilella

Cursos de agua en Alzira

4. Estudio Hidrológico.

4.1 Descripción general de la cuenca de estudio.

Las cuencas que vamos a analizar en este estudio son la formada por los barrancos de La Casella, Vilella y L'Estret, estas se encuentran en los municipios de Alzira y Carcaixent, los cuales se sitúan en la provincia de Valencia (España).



Localización de las cuencas sobre mapa hidrológico zona de estudio

La elección de estas tres cuencas para el estudio se basa en los estudios previos realizados y expuesto posteriormente, en los que se demuestra que debido a su topografía y geomorfología son las que muestran un riesgo potencial para la inundabilidad del área urbana del municipio de Alzira debido a su escorrentía superficial, como puede verse en la Imagen 2.

A continuación, realizamos una descripción más pormenorizada de cada una de las cuencas, y de los estudios realizados para llegar a esa conclusión:

El barranco de la Casella transcurre por el valle homónimo, adoptando una dirección general E-O. De forma alargada está encajado entre la Sierra de la Murta, al norte, y la sierra de las Agujas, al sur. A partir de la mitad de su cauce principal una mota en la margen derecha protege a Alzira de las inundaciones. En general, se distinguen claramente dos zonas, la cuenca alta de masa forestal media o

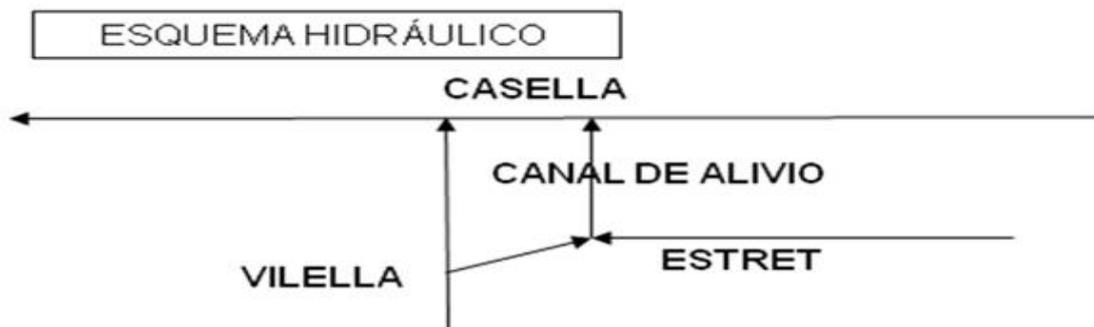
clara, y una parte baja prácticamente urbanizada correspondiente, a las poblaciones de Alzira y Carcaixent.

El principal barranco en superficie es el barranco de L'Estret, situado al sur del barranco de la Casella, con dirección general E-O prácticamente paralelo al anterior y separado de éste por la sierra de Las Agujas, su límite meridional queda peor definido. Su área de drenaje la constituye el valle de Aguas Vivas. Nuevamente, se distingue una parte alta de abundante vegetación y zonas residenciales y urbanas coincidiendo con la parte media-baja de la cuenca. Finalmente, desemboca en el barranco de la Casella después de recibir las aguas del barranco de Vilella.

El Vilella es, en extensión, el menor de los tres barrancos. Arranca al norte de Carcaixent confluyendo con L'Estret, antes de incorporarse ambos al Casella. Es el que presenta mayor parte de su cuenca urbanizada.

4.1.1 Esquema hidráulico de la red de barrancos.

El vertido de las aguas captadas las cuencas de estudio se realizan, aguas abajo del cruce con la CV-572 (Avenida de La Ribera). A continuación se muestra un esquema del funcionamiento hidráulico de la red de barrancos según el Anejo 16 de compatibilidad del vertido de pluviales al Barranco de la Casella del proyecto "Proyecto de las obras de captación de los barrancos De Respirall, Fosc, García maría y del camino de la Arena. T.m. de alzira (valencia)".





Direcciones de escorrentía superficial cuencas de estudio

4.2 Descripción geomorfométrica de la cuenca de estudio.

La cuenca formada los barrancos de La Casella, Vilella y L'Estret, hasta el punto de confluencia con el río Júcar, posee una superficie de 47,75 km². Cabe señalar que el punto de desagüe de los barrancos no es común. En particular, las actuaciones proyectadas en el Proyecto de Construcción de "Encauzamiento de los Barrancos en el entorno del Sector Vilella I de Alzira (Valencia)", Ayuntamiento de Alzira, 2007, actualmente en ejecución, han modificado profundamente el punto de confluencia de los barrancos de Vilella y de L'Estret y su incorporación posterior al barranco de La Casella. En primer lugar, se ha actuado sobre la confluencia de los barrancos de Vilella y de L'Estret, aumentando la sección de embocadura del Estret en el Viella y mejorando las capacidades hidráulicas del tramo inmediatamente anterior a la confluencia con el Casella mediante un canal de alivio de 300 m de longitud y 30 de ancho.

Finalmente, el punto de desagüe en el Júcar se produce 1,32 km al noroeste del desagüe de los dos barrancos al Casella. Estas confluencias definen puntos singulares donde obtener hidrogramas para el diseño de las actuaciones. En base a éstos, se ha dividido la cuenca completa en tres cuencas, corresponden a las cuencas que definen cada uno de los barrancos.

Esquema de cuencas y subcuencas consideradas y su denominación a efectos del presente estudio.



Cuenca de los barrancos de Casella, Estret y Vilella.

Cuenca	A	L _{rp}	J
	(Km ²)	(Km)	(m/m)
CASELLA (C)	20.9	19.44	0.03
ESTRET (E)	23.02	10.94	0.01
VILELLA	3.83	5.55	0.03
TODAS CUENCAS	47.75	16.62	0.023

A: área de la cuenca. L_{rp}: longitud del recorrido principal. J : pendiente media del recorrido principal.

4.2.1 Tiempo de concentración.

Se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre. Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante,

$$t_c = 0.3 \cdot (L / J^{0.76})^{1/4}$$

al tiempo que máximo; el punto hidrológicamente más alejado es aquél desde el que el agua de escorrentía emplea más tiempo en llegar a la salida.

	Tc [h]
TODAS LAS CUENCAS	5,20

Tabla tiempo de concentración total

4.3 Características hidromorfométricas de las subcuencas consideradas.

4.3.1 Umbrales de escorrentía.

El umbral de escorrentía (P_o) es el parámetro necesario para evaluar la producción de escorrentía superficial según la expresión propuesta por el Soil Conservation Service (SCS). Así mismo, sirve para determinar el coeficiente de escorrentías (C) del modelo de Témez. El umbral de escorrentía depende de cuatro variables, que engloban buena parte de las características físicas de la región analizada:

1. La pendiente del terreno, clinometría, clasificando entre pendientes menores a 3% y mayores o iguales a 3%.
2. El uso del suelo y tipo de práctica con la que se cultiva (cubierta del suelo)
3. El tipo de suelo, categorizado según su capacidad drenante: (A, B, C, D)
4. Condiciones previas de humedad del complejo suelo-vegetación. En el caso del presente estudio, se consideran condiciones medias de humedad inicial.

La obtención del umbral de escorrentía se ha realizado siguiendo la metodología propuesta en el artículo "Generación automática del número de curva con Sistemas de Información Geográfica" (Ferrer, M., Rodríguez, J. y Estrela, T.).

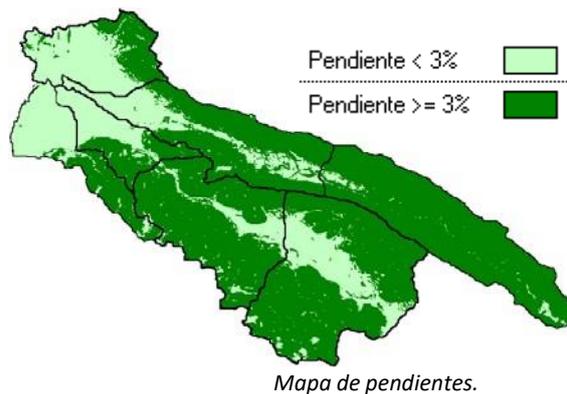
Siguiendo la metodología que se propone en el artículo se obtiene, como resultado final, el número de curva del SCS. La obtención, a partir del número de curva, del umbral de escorrentía P0 es sencilla, ya que:

$$P_0 = \frac{5080}{CN} - 50.8$$

Los valores del número de curva, de referencia del S.C.S. para condiciones medias de humedad (II), recoge los valores del número de curva (CN) en función de las tres restantes variables anteriores.

Pendientes del terreno.

Para la obtención del umbral de escorrentía se requiere el mapa de pendientes (Mapa de pendientes.), clasificadas como menores del 3% y mayores o iguales del 3%.



Litología.

Usando los mapas formato ARCInfo de litología de la Cartografía Temática de la COPUT (Generalitat Valenciana) a escala 1:50.000, se considera la siguiente equivalencia entre tipos de suelo:

Abrev.	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	GRUPO HIDROLÓGICO	Abrev.	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	GRUPO HIDROLÓGICO
Consolidadas (SC)			No Consolidadas (SI)		
S C 1	Conglomerados	D	S I 2	Cantos y graveras	A
S C 1-2	Conglomerados y areniscas	D	S I 2-3	Cantos, gravas y arenas	B
S C 1-2	Conglomerados, areniscas y	D	S I 2-3-4	Cantos, gravas, arenas y	B
S C 1-4	Conglomerados y arcillas	D	S I 2-3-5	Cantos, gravas, arenas y	C
S C 1-10	Conglomerados y Margas	D	S I 2-4	Cantos, gravas y limos	C
S C 2	Areniscas	D	S I 2-5	Cantos, gravas y arcillas	C
S C 2-4	Areniscas y arcillas	D	S I 3	Arenes	B
S C 2-10	Areniscas y Margas	D	S I 3-2	Arenes, gravas y Cantos	B
S C 4	Arcillas	D	S I 3-4	Arenes y	C
SC 4-2	Arcillas y areniscas	D	SI 3-5	Arenes y arcillas	C
SC 4-10	Arcillas y Margas	D	SI 4	Limos	C
SC 5	Calcáreas	C	SI 4-2	Limos, gravas y Cantos	C
SC 5-2	Calcáreas y areniscas	C	SI 4-3	Limos y	C
SC 5-6	Calcáreas y calcarenitas	C	SI 4-5	Limos y	D
SC 5-7	Calcáreas y Calcáreas margosas	D	SI 5	Arcillas	D
SC 5-9	Calcáreas y dolomías	C			
SC 5-10	Calcáreas y Margas	D			
SC 6	Calcarenitas	C			
SC 6-10	Calcarenitas y Margas	D			
SC 7	Calcáreas margosas	D			
SC 7-10	Calcáreas margosas y Margas	D			
SC 8	Calcáreas Tovaceas	C			
SC 9	Dolomías	D			
SC 9-5	Dolomías y Calcáreas	D			
SC 9-10	Dolomías y Margas	D			
SC 10	Margas	D			
SC 10-2	Margas y areniscas	D			
SC 12	Arcillas, Margas y yesos	D			

Este mapa se clasifica en los cuatro grupos que establece el SCS:

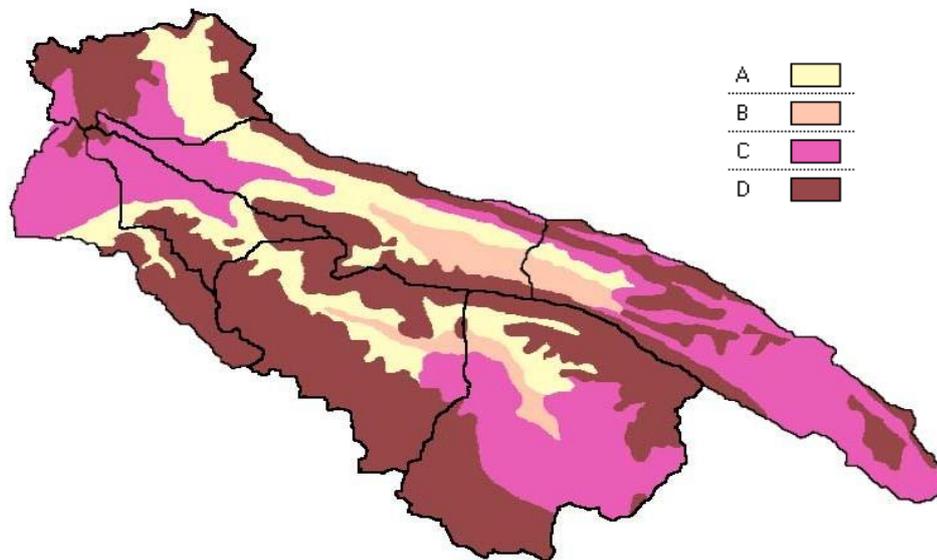
A En ellos el agua se infiltra rápidamente aun cuando estén muy húmedos. Son suelos profundos y de texturas gruesas (arenosas o areno-limosas). Están excesivamente drenados.

B Cuando están muy húmedos tienen una capacidad de infiltración moderada. La profundidad de suelo es de media a profunda y su textura es franco-arenosa, franca, franco-arcillosa o franco-limosa. Están bien o moderadamente drenados.

C Cuando están muy húmedos la infiltración es lenta. La profundidad de suelo es inferior a la media y su textura es franco-arcillosa, franco-arcillo-limosa o arcillo-arenosa. Son suelos imperfectamente drenados.

D Cuando están muy húmedos la infiltración es muy lenta. Tienen horizontes de arcilla en la superficie o próximos a ella y están pobremente o muy pobremente drenados. También se incluyen aquí lo terrenos con nivel freático permanentemente alto y suelos de poco espesor (litosuelos).

En la Mapas de tipos de suelo de las cuencas de estudio., puede verse la distribución de tipos de suelo en la cuenca según esta clasificación.



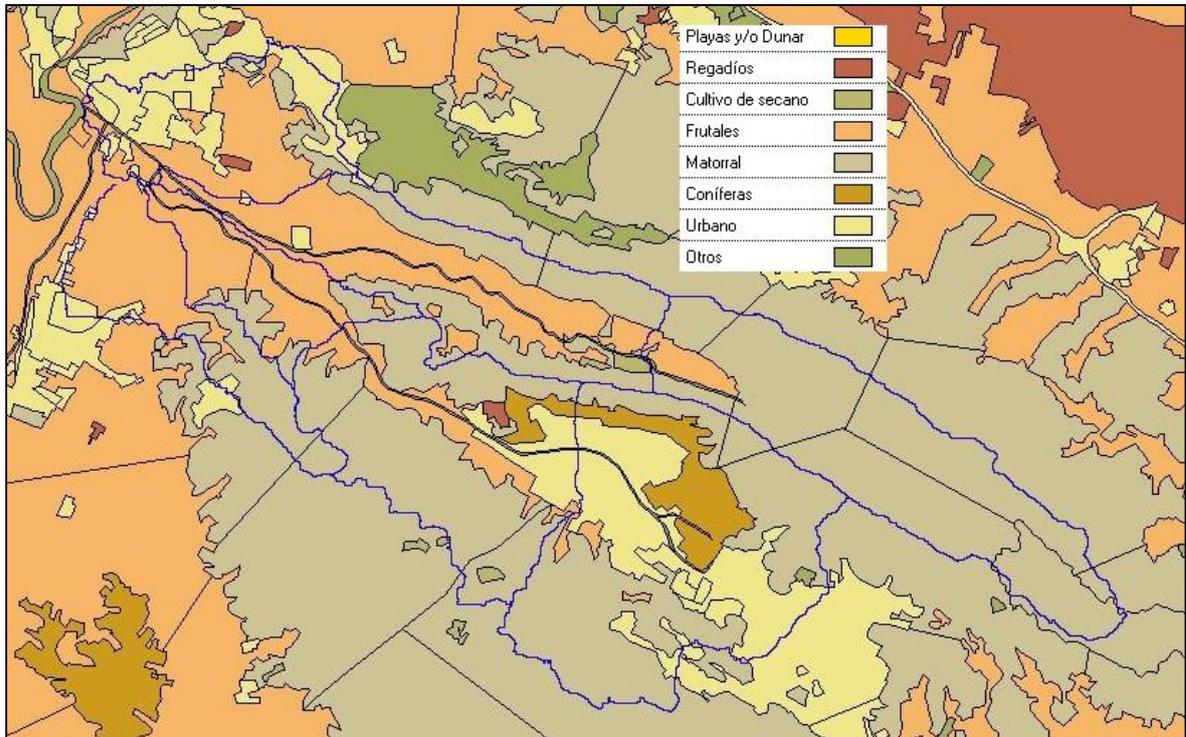
Mapas de tipos de suelo de las cuencas de estudio.

Cubierta del suelo

En cuanto a la cubierta del suelo, la información básica utilizada para establecer las distintas tipologías ha sido los mapas formato ARCInfo de usos del suelo de la COPUT (Generalitat Valenciana) a escala 1:50.000.

La cubierta del suelo presenta las siguientes unidades en las cuencas analizadas:

1. Masas forestales espesas (suelo predominantemente cubierto por coníferas) presentes en una franja de la cabecera de L'Estret en las estribaciones de la Sierra de Las Agujas.
2. Masas forestales compuestas por una mezcla de matorrales más o menos estratificados, presentes como elemento principal en las cabeceras de las cuencas de La Casella y L'Estret.
3. En los tramos bajos de las cuencas dominan los cultivos de cítricos, frutales e, incluso, hortalizas.
4. Núcleos urbanos de alta densidad, especialmente en el barranco de La Casella y del Vilella, correspondientes a los núcleos de Alzira y Carcaixent, respectivamente.
5. Zonas residenciales de baja densidad, fundamentalmente en las zonas bajas de la cabecera de L' Estret.



Usos actuales del suelo en las cuencas de Estret, Vilella y Casella.

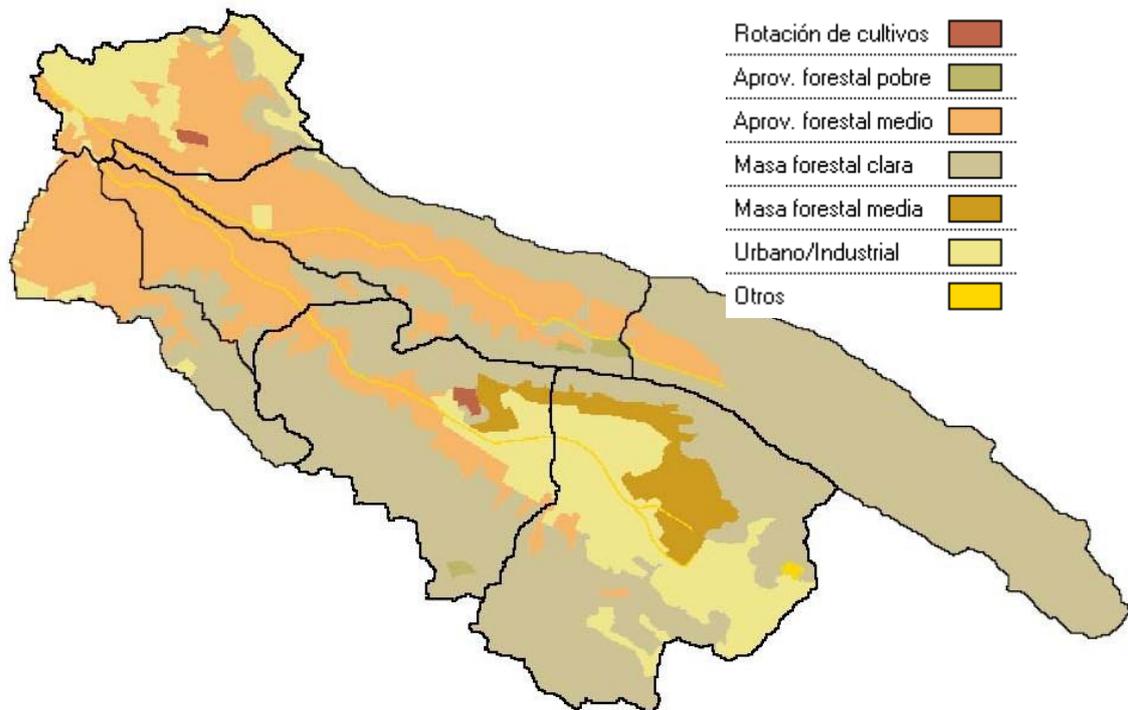
Usos del suelo.

Se propone una tabla de equivalencias entre los usos del suelo que aparecen en la leyenda de los Mapas correspondientes de la Cartografía Temática de la COPUT (Generalitat Valenciana) y los usos del suelo propuestos por el SCS (Servicio de conservación de suelos) para determinar el número de curva.

- Arroz (mapas): Rotación de cultivos densos (SCS).
- Caña de azúcar: Rotación de cultivos densos.
- Cítricos: Plantación regular de aprovechamiento forestal medio, al ser un cultivo leñoso con una distribución regular en plantación.
- Cultivos forzados: Zona impermeable, por ser áreas siempre cubiertas por invernaderos o túneles de plástico.
- Platanera: Masa forestal media.
- Frutales: Plantación regular de aprovechamiento forestal media.
- Cultivos en regadío: Rotación de cultivos densos.
- Cítricos/ Frutales: Plantación regular de aprovechamiento forestal medio.
- Labor intensiva: Rotación de cultivos densos.
- Labor extensiva: Cereales de invierno.
- Frutales de secano: Plantación regular de aprovechamiento forestal pobre.
- Olivar: Plantación regular de aprovechamiento forestal pobre.
- Viñedo: Plantación regular de aprovechamiento forestal pobre.
- Praderas sin arbolado: Praderas buenas.
- Praderas con frondosas: Praderas muy buenas.
- Praderas con coníferas: Pradera muy buena.
- Praderas con coníferas y frondosas: Pradera muy buena.
- Pastizal sin arbolado: Pradera pobre.
- Pastizal con frondosas: Pradera media.
- Pastizal con coníferas: Pradera media.

- Matorral sin arbolado: Masa forestal clara.
- Matorral con frondosas: Masa forestal media.
- Matorral con coníferas: Masa forestal media.
- Matorral con coníferas y frondosas: Masa forestal media.
- Frondosas: Masa forestal muy espesa.
- Coníferas: Masa forestal espesa.
- Coníferas y frondosas: Masa forestal muy espesa.
- Palmera canaria: Masa forestal media.
- Red fluvial: Zona impermeable.
- Núcleos urbanos: Zona impermeable

En la Mapas de usos del suelo de la cuenca., puede verse la distribución de usos del suelo en la cuenca según esta clasificación.



Mapas de usos del suelo de la cuenca.

Número de curva y del coeficiente de escorrentía.

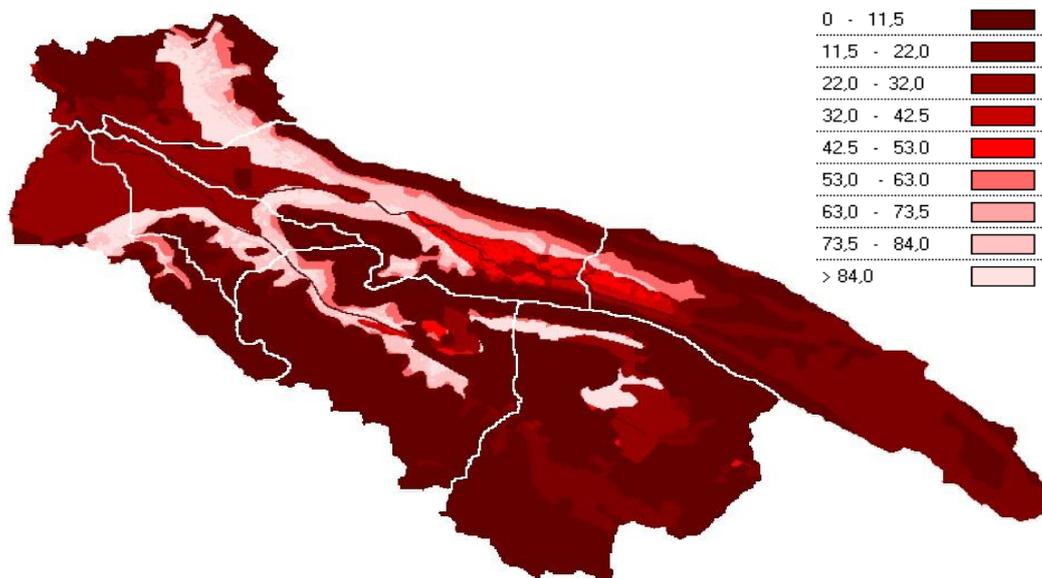
La metodología seguida para combinar las capas de información y obtener el número de curva consiste en asignar un número primo a cada una de las variables que intervienen, considerando que la característica hidrológica es única. Los mapas de entrada se reclasifican con estos nuevos valores y, posteriormente, se realizan las operaciones de multiplicación de capas en formato raster. Dada la singularidad de los números primos, el producto de ellos siempre dará un número diferente, de forma que si se multiplican los mapas de usos del suelo, pendiente y tipos del suelo, dará un resultado diferente por cada combinación de tres números primos.

Los números primos a asignar a cada una de las variables se presentan en los números primos asignados a las diversas clases de pendiente, tipos de suelo y usos del suelo. en verde bajo cada variable. En rojo, ocupando la misma posición relativa a la Valores del número de curva.

USO DE LA TIERRA		TIPO DE SUELO							
		A		B		C		D	
		3		5		7		11	
		PENDIENTE <3	PENDIENTE >=3	PENDIENTE <3	PENDIENTE >=3	PENDIENTE <3	PENDIENTE >=3	PENDIENTE <3	PENDIENTE >=3
		1	2	1	2	1	2	1	2
Batuclo R	13	39	78	65	130	91	182	143	286
Batuclo N	13	39	78	65	130	91	182	143	286
Citrios e hileria R	17	51	102	85	170	119	238	187	374
Citrios e hileria N	17	51	102	85	170	119	238	187	374
Cereales de invierno R	19	57	114	95	190	133	266	209	418
Cereales de invierno N	19	57	114	95	190	133	266	209	418
Rotación de cultivos pobres R	23	69	138	115	230	161	322	253	506
Rotación de cultivos pobres N	23	69	138	115	230	161	322	253	506
Rotación de cultivos de asos R	29	87	174	145	290	203	406	319	638
Rotación de cultivos de asos N	29	87	174	145	290	203	406	319	638
Pradera pobre	31	93	186	155	310	217	434	341	682
Pradera media	41	123	246	205	410	287	574	451	902
Pradera buena	41	123	246	205	410	287	574	451	902
Pradera muy buena	43	129	258	215	430	301	602	473	946
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal pobre	47	141	282	235	470	329	658	517	1034
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal media	53	159	318	265	530	371	742	583	1166
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal buena	59	177	354	295	590	413	826	649	1298
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) muy clara	61	183	366	305	610	427	854	671	1342
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) clara	67	201	402	335	670	469	938	737	1474
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) media	71	213	426	355	710	497	994	781	1562
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) espesa	73	219	438	365	730	511	1022	803	1606
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) muy espesa	79	237	474	395	790	553	1106	869	1738
Pocas permeables	83	249	498	415	830	581	1162	913	1826
Pocas impermeables	89	267	534	445	890	623	1246	979	1958

Números primos asignados a las diversas clases de pendiente, tipos de suelo y usos del suelo.

También se incluyen los resultados diferentes de la multiplicación de números primos especificados. La relación directa de dichos valores entre ambas tablas permite obtener el número de curva. Obtenido el número de curva, se calcula el coeficiente de escorrentía, tal y como se ha expresado anteriormente. A continuación, la Mapa del coeficiente de escorrentía (P_0), recoge el mapa de P_0 .



Mapa del coeficiente de escorrentía

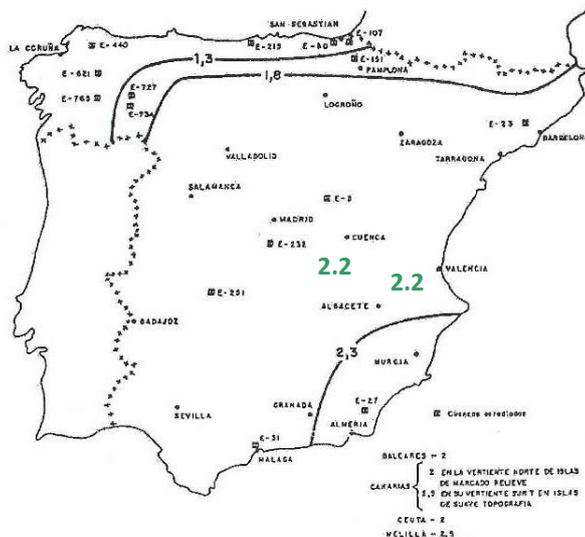
Finalmente, mediante ponderación areal en cada cuenca se obtiene un valor único del umbral de escorrentía en cada cuenca.

Cuenca	P_0 (mm)
CASELLA (C)	26.5
ESTRET (E)	25
VILELLA (V1)	22
TOTAL	26.13

Tabla valores del umbral de escorrentía ponderado arealmente para cada cuenca

Umbral de escorrentía.

Posteriormente se corrige mediante el coeficiente corrector del umbral de escorrentía establecido por el CEDEX en 1994. Se dan los valores del coeficiente corrector en el mapa que se muestra en la figura siguiente:



Mapa del coeficiente corrector del umbral de escorrentía (modificación CEDEX 1994).

Del Mapa del coeficiente corrector del umbral de escorrentía (modificación CEDEX 1994), se obtiene un coeficiente corrector del umbral de escorrentía para la zona de estudio de 2.2.

Con esto, los valores del umbral de escorrentía medio en cada cuenca iniciales y corregidos son:

Cuenca	P ₀ (mm)	P ₀ corregido (mm)
CASELLA (C)	26.5	58.3
ESTRET (E)	25	55
VILELLA (V1)	22	48.4
TOTAL	26.13	57.48

Tabla valores del umbral de escorrentía ponderado arealmente para cada cuenca y valores corregidos.

4.4 Precipitaciones máximas diarias.

El tratamiento de datos pluviométricos en el marco de los modelos hidrometeorológicos tiene por finalidad determinar la lluvia correspondiente a un determinado periodo de retorno en las cuencas estudiadas.

La metodología a seguir empieza por la elección de las estaciones pluviométricas, recopilando las máximas precipitaciones diarias, realizando una modelación estadística de los datos recogidos. Tras esto estimaremos los cuantiles de precipitaciones para cada periodo de retorno mediante una ley de distribución (tras la elección del modelo mas adecuado para ello en cada caso). Finalmente, se realizará una distribución espacial de los cuantiles obtenidos para averiguar las precipitaciones máximas anuales de las cuencas estudiadas mediante el método de Thiessen.

- **Estaciones pluviométricas**

En la elección de las estaciones pluviométricas se ha tenido en cuenta especialmente el número de años con registros y la disponibilidad de datos correspondientes a los últimos años. Asimismo, se han considerado los datos utilizados en anteriores estudios hidrológicos de la zona.

Las estaciones analizadas son las siguientes:

Nombre de la estación	Coordenadas UTM		Periodo	Nº de años con datos
	X	Y		
E1- 8302C Alzira H.E.	719950.04	4336889.44	1962-2007	44
E2- 8300E Carcaixent S.E. Agraria	720808.99	4331976.32	1971-2006	34
E3- 8303U Corbera Hto Santísimo	727107.60	4338636.40	1973-1997	21
E4- 876 Benifairó de la Valldigna	733493.99	4326476.50	1949-2000	43

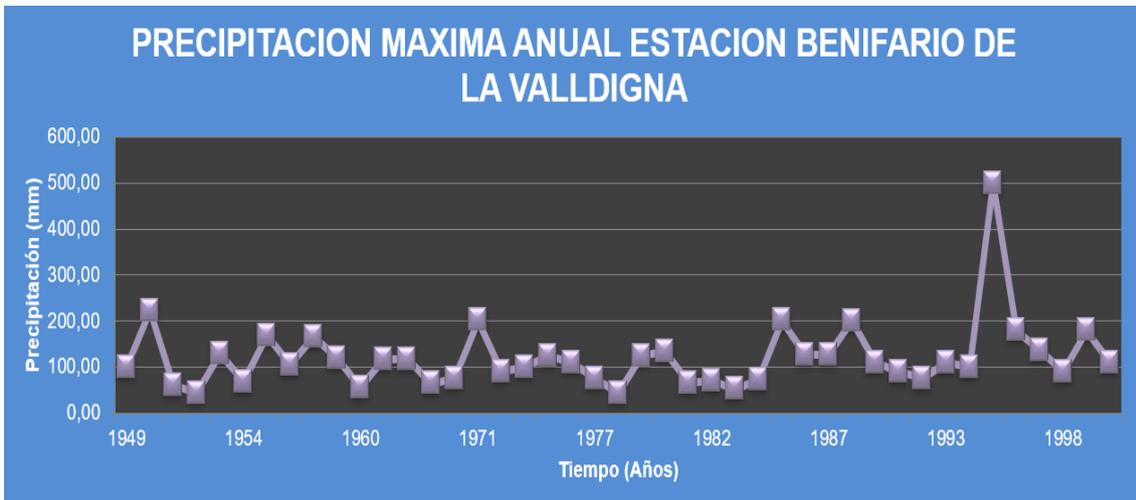


Ubicación estaciones pluviométricas utilizadas para el estudio

En el anejo 1 se incluyen las tablas con la serie de máximos anuales de precipitación diaria, para las estaciones pluviométricas seleccionadas

A continuación, se incluyen los gráficos de precipitaciones máximas anuales para cada una de las estaciones pluviométricas:





4.4.1 Análisis estadístico de la precipitación.

En este apartado se lleva a cabo el análisis estadístico de las precipitaciones diarias máximas anuales con el fin de obtener los mejores estimadores de los cuantiles correspondientes a distintos períodos de retorno.

Metodología estadística empleada.

Se ha efectuado una selección de las distribuciones de probabilidad comúnmente utilizadas para variables hidrológicas, siguiendo “Recomendaciones para el cálculo hidrometeorológico de avenidas” Ferrer Polo, J.. Estas funciones son:

1. Función de distribución de Gumbel

Usada tradicionalmente en España, modeliza los extremos de una distribución normal. En algunos casos puede conducirnos a resultados del lado de la inseguridad.

2. Función de distribución SQRT-ET max

Este modelo de distribución de máximos fue concebido por Etoh, Murota y Nakanishi en 1987 específicamente para la modelación estadística de máximas lluvias diarias. Aunque su origen es japonés, está recomendada para aquellos casos, frecuentes en cuencas mediterráneas, donde coexisten dos poblaciones estadísticas de máximos: ordinarios y extraordinarios. De hecho, es capaz de reproducir sesgos mayores que la función de Gumbel y sólo para valores elevados del parámetro λ se aproximan ambos modelos.

3. Función de distribución GEV

La función de distribución GEV (General Extreme Value) fue desarrollada por Jenkinson (1955,1969) y revisada en cuanto a su teoría y aplicabilidad en el análisis de máximas precipitaciones con motivo de la elaboración del Flood Studies Report (Reino Unido, 1975).

Este modelo de distribución de máximos tiene tres parámetros dotándolo de una mayor capacidad para la reproducción de casuísticas con presencia clara de “outliers” asociados a episodios de carácter extraordinario. La función GEV se presenta como una posible candidata para una correcta caracterización estadística de episodios otoñales de carácter convectivo y asociados a situaciones meteorológicas de “gota fría”, que dan lugar a acumulados diarios superiores a 500 mm.

Método de estimación de parámetros de leyes de distribución.

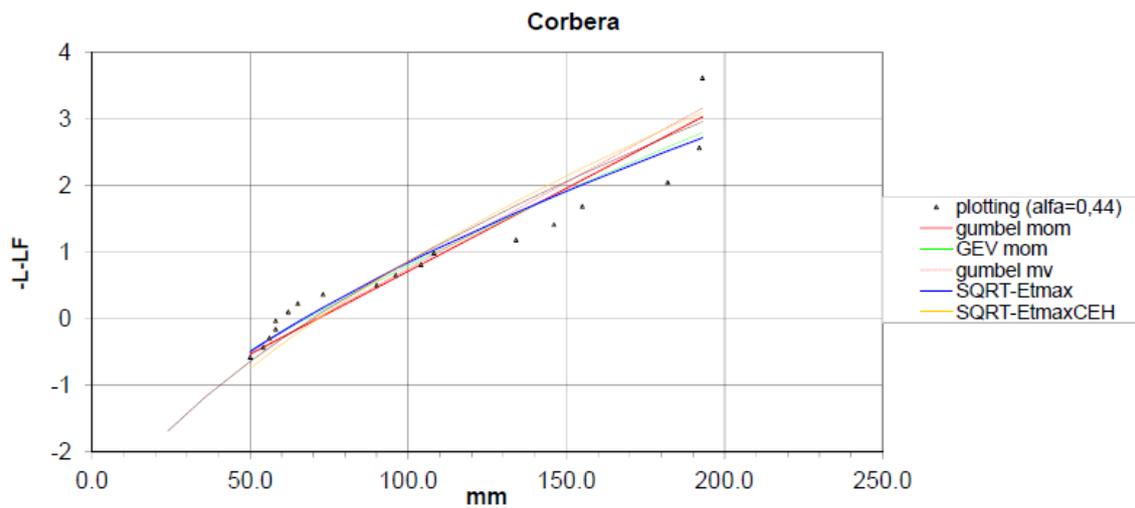
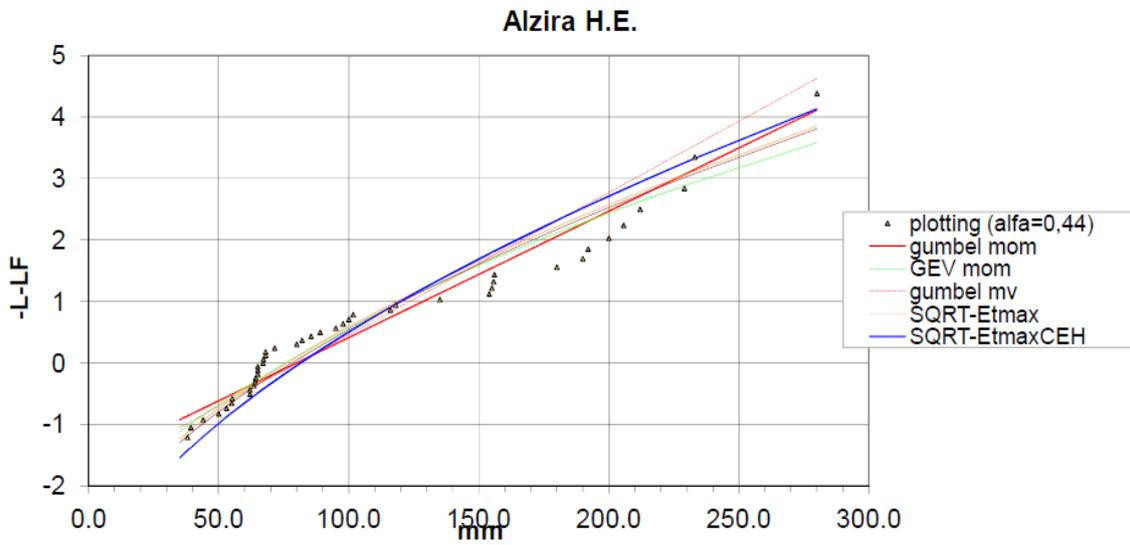
FDA	F(x)	Método de ajuste
GEV (Valores extremos generalizados)	$F(x) = \exp\left\{-\left[1 - \kappa\left(\frac{x - \mu}{\alpha}\right)\right]^{1/\kappa}\right\}$	Momentos ponderados probabilísticamente
GUMBEL	$F(x) = \exp\left\{-\exp\left[-\left(\frac{x - \mu}{\alpha}\right)\right]\right\}$	Máxima verosimilitud
SQRT-ETmax	$F(x) = \exp\left[-k\left(1 - \sqrt{\alpha \cdot x}\right) \cdot \exp\left(-\sqrt{\alpha \cdot x}\right)\right]$	Máxima verosimilitud

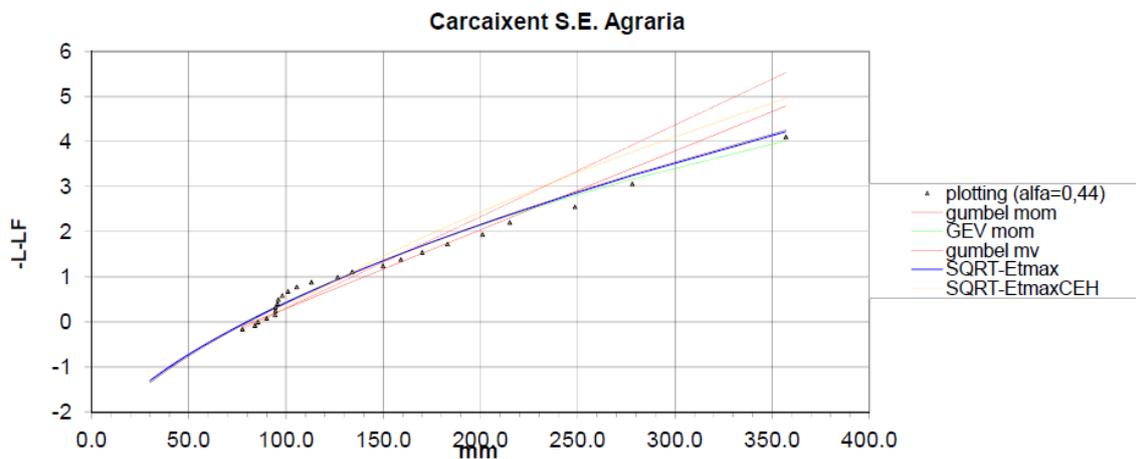
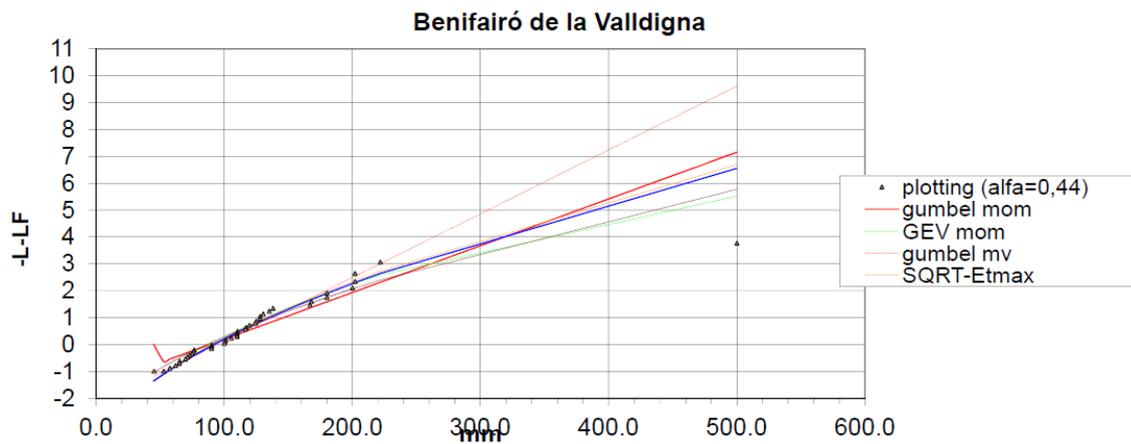
Método de selección o validación de la ley.

La selección, propiamente dicha, del modelo estadístico, se realiza verificando la bondad de los ajustes paramétricos realizados a las distintas leyes de distribución. Los criterios que se usan, serán la asignación de probabilidades empíricas y la comparación con la ley de distribución. (plotting positions).

Ley de distribución. Plotting position

Utilizando el programa CHAC del Centro de estudios Hidrográficos del CEDEX aplicamos los tres modelos de Función de Distribución ya pre-seleccionados en base a "Recomendaciones para el cálculo hidrometeorológico de avenidas" Ferrer Polo, J. a cada una de las estaciones que recubren la cuenca. En el Anexo 3 se incluyen los resultados del ajuste para cada una de las leyes ensayadas, mediante diferentes métodos.





- **Cuantiles de precipitación diaria máxima anual en las cuencas de estudio.**

A continuación, se dan para cada una de las leyes y métodos de ajuste especificados en el Método de estimación de parámetros de leyes de distribución del presente anejo 3, los cuantiles para distintos periodos de retorno, obtenidos para cada estación.

Alzira

ALZIRA H.E.			
T (años)	GEV (mm)	GUMBEL (mm)	SQRT- ET _{max} (mm)
25	251	218	237
50	306	249	284
100	367	279	333
250	436	309	385
500	542	349	460

Cuantiles de precipitaciones para cada modelo.

Benifairó

BENIFAIRO DE LA VALLDIGNA			
T (años)	GEV (mm)	GUMBEL (mm)	SQRT-ET _{max} (mm)
25	266	230	250
50	325	259	294
100	393	289	341
250	472	318	392
500	597	357	463

Cuantiles de precipitaciones para cada modelo.

Corbera

CORBERA			
T (años)	GEV (mm)	GUMBEL (mm)	SQRT-ET _{max} (mm)
25	214	194	222
50	253	222	265
100	295	249	314
250	339	276	363
500	402	311	436

Cuantiles de precipitaciones para cada modelo.

Carcaixent

CARCAIXENT S.E.			
T (años)	GEV (mm)	GUMBEL (mm)	SQRT-ET _{max} (mm)
25	281	242	275
50	345	277	331
100	419	311	389
250	503	346	455
500	633	391	544

Cuantiles de precipitaciones para cada modelo.

Coefficiente de correlación de Pearson.

Éste se utiliza para pesar el grado de correlación entre series estadísticas a priori distintas pero relacionadas por algún hecho. Así si $|r| = 1$, existe una correlación positiva, y si $r = 0$, no existe correlación. Con el vamos a identificar la correlación existente entre las estaciones pluviométricas seleccionadas para ayudarnos en la elección del modelo estadístico en cada una de ellas.

Aplicando este coeficiente a cada pareja de estaciones, se obtienen los siguientes resultados:

Coeficiente de PEARSON (ρ)				
	Carcaixent	Alzira	Corbera	Benifairó
Carcaixent		0,617	0,608	-0,073
Alzira			0,635	0,011
Corbera				0,059
Benifairó				

Coefficientes de correlación entre estaciones

Como puede apreciarse mediante la comparación con el resto de estaciones, los datos provenientes de la estación de Benifairó de la Valldigna constituyen una población diferente al resto, no existiendo prácticamente correlación de esta estación con las otras tres. Esto justifica que:

- Se opte por una función de distribución distinta para Benifairó que permita describir el extremo de 500 mm registrado en la estación. En este caso, una GEV.

En cuanto a las otras tres estaciones, la comparación de los cuantiles obtenidos para distintos periodos de retorno en cada una de estas cuatro funciones de distribución nos determina las mayores diferencias entre leyes para los periodos de retorno mayores. El comportamiento es similar, aunque las diferencias entre leyes menores se dan en la estación de Corbera, debido a que no presenta ningún extremo de tanta magnitud como el del resto de estaciones.

En principio, se desecha una GEV por el número de datos disponible, optándose por una SQRT- Etmáx que deja del lado de la seguridad, siendo la ley escogida para Carcaixent y Alzira, como estaciones semejantes.

ESTACIÓN	CUANTIL [mm/día]				
	T=25 AÑOS	T=50 AÑOS	T=100 AÑOS	T=250 AÑOS	T=500 AÑOS
8-302C - ALZIRA H.E. (1)	237	284	333	385	460
8-300E - CARCAIXENT S.E. AGRARIA (2)	275	331	389	455	544
8-76E - BENIFAIRO DE LA VALLDIGNA (3)	266	325	393	472	597
8-326E - CORBERA (4)	222	265	314	363	436

Cuantiles de precipitación de las estaciones pluviométricas mediante el modelo estadístico seleccionado

.4.4.2 Distribución espacial de la precipitación.

El análisis espacial de la precipitación se realiza mediante polígonos de Thiessen.

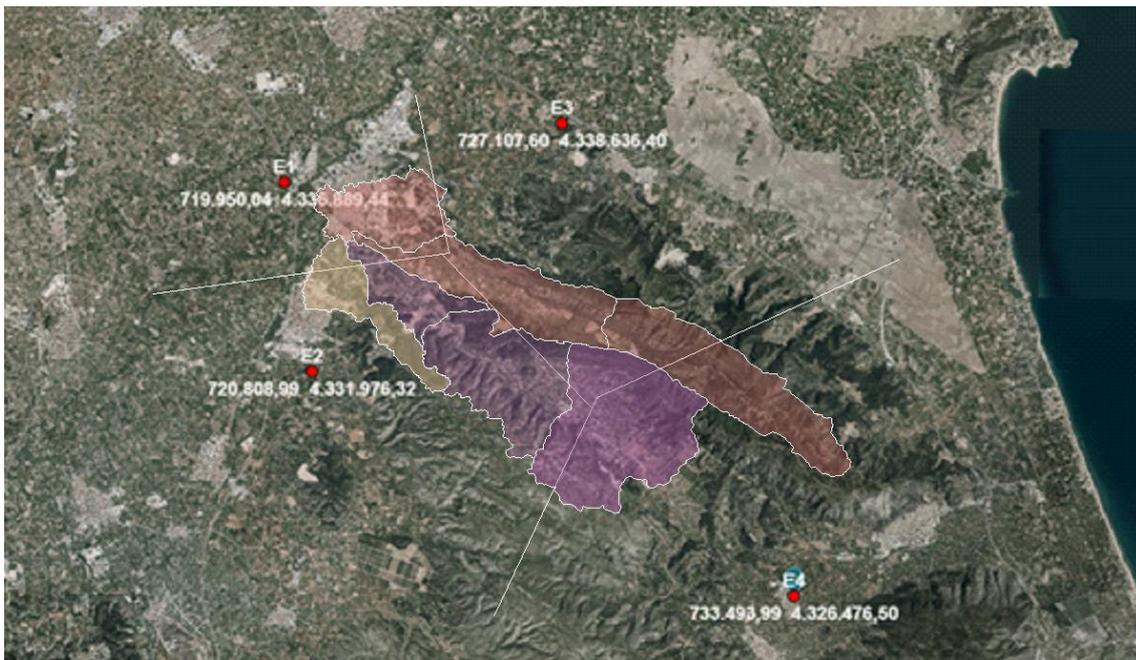
Este método se usa para determinar la lluvia media en una zona, se aplica cuando se sabe que las medidas de precipitación en los diferentes pluviómetros sufren variaciones, teniendo además el condicionante que la cuenca es de topografía suave, como lo es en nuestro caso (ver mapa de pendientes).

Se toma como hipótesis de partida que la precipitación en un punto cualquiera de la cuenca es la misma que la registrada en el pluviógrafo más cercano.

El procedimiento para el cálculo es el siguiente:

1. Se unen los pluviómetros adyacentes con líneas rectas.
2. Se trazan mediatrices a las líneas que unen los pluviómetros. Recordar que una mediatriz es una línea recta perpendicular a un segmento de recta y que parte de su punto medio. Como las figuras formadas son triángulos, las mediatrices se encuentran en un punto dentro del mismo, ver Figura 20.
3. Se prolongan las mediatrices hasta el límite de la cuenca.
4. Se calcula el área formada por las mediatrices para cada pluviómetro.

Estas áreas asignadas, divididas por la total de la cuenca, son los coeficientes que ponderan la precipitación de cada estación. El método no tiene en cuenta la orografía pero sus resultados son objetivos y repetibles.



Áreas de cuencas utilizando el método de Thiessen.

En la tabla siguiente se puede ver el área con que influye cada una de las estaciones pluviométricas en cada subcuenca.

CUENCA	ÁREA TOTAL [km ²]	ÁREAS POLÍGONOS THIESSEN [km ²]			
		Alzira	Carcaixent	Benifairó	Corbera
TODAS LAS CUENCAS	47,75	7,23	18,5	8,27	13,75

- **Obtención de la lluvia areal sobre la cuenca.**

Al no se la precipitación uniforme en toda la cuenca (o subcuencas), Temez (centro de estudios hidrológicos del CEDEX) propone el siguiente factor corrector **KA**, en el que se multiplican los valore puntuales estimados en los apartados anteriores.

A= Superficie (km²) , corresponderá a 1 en cuencas menores a 1km

$$K_A = 1 - \frac{\log A}{15}$$

A continuación se muestran los resultados aplicando el coeficiente de reducción (KA).

CUENCA	KA	Pd' [mm/día]				
		T=25 AÑOS	T=50 AÑOS	T=100 AÑOS	T=250 AÑOS	T=500 AÑOS
TODAS	0,89	224,66	270,42	320,06	374,56	453,33

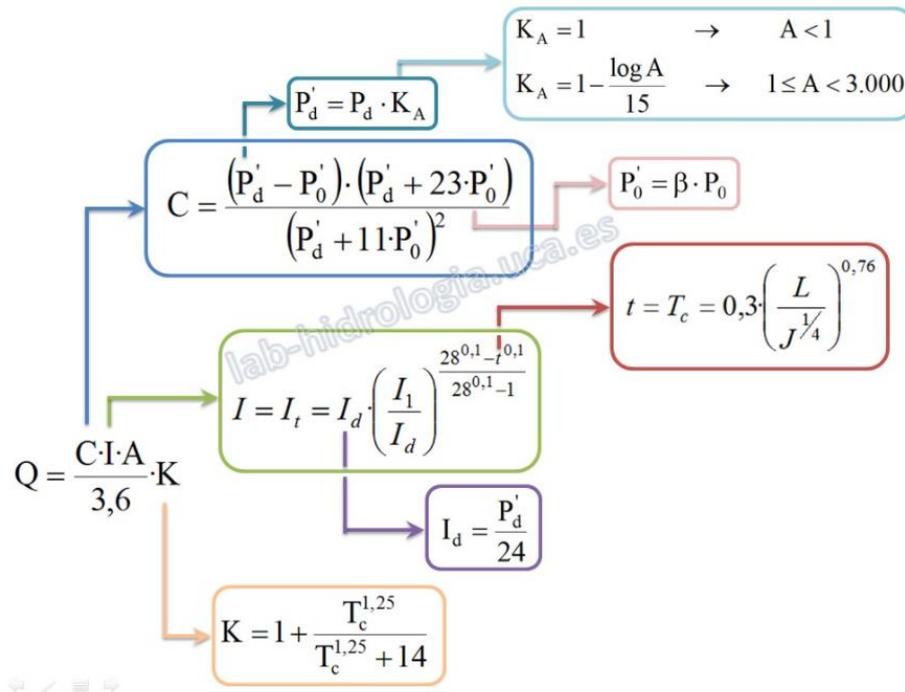
5. Estimación de caudales de cálculo

Para averiguar los caudales máximos en cada sistema debido a la esorrentía superficial generada por las máximas precipitaciones esperadas a distintos periodos de retorno se empleara elmétodo racional modificado por Jose Ramon Témex (1991), metodología de amplio uso en España y el recomendado en la Instrucción 5.2-IC de Drenaje Superficial de julio de 1990 del MOPU (hoy Ministerio de Fomento) (MOPU, 1990). Y recogido en la publicación de la Dirección General de Carreteras del MOPU "Cálculo Hidrometeorológico de Caudales Máximos en Pequeñas Cuencas Naturales".

La formulación básica es la siguiente:

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

Q = Caudal punta (m³/s). I = Intensidad de lluvia media (mm/h) correspondientes al periodo de retorno de cálculo y a un tiempo de intervalo igual al tiempo de concentración (tc). A = Superficie de la cuenca (km²). C = Coeficiente de esorrentía. K = Coeficiente de uniformidad temporal, que depende del tiempo de concentración de la cuenca (tc).



5.1 Coeficiente de uniformidad temporal.

Es el coeficiente de uniformidad que pretende corregir el tiempo de concentración de la cuenca para tener en cuenta la variación de la precipitación neta a lo largo del tiempo.

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

-

- t_c = Tiempo de concentración (horas).
- K = Adimensional.

A continuación con esos datos realizamos el cálculo para sacar el coeficiente de uniformidad K en la totalidad de las cuencas con el tiempo de concentración calculado en el apartado de geomorfología de las cuencas:

		Tc [h]
TODAS LAS CUENCAS		5,20

		K
TODAS LAS CUENCAS		1,36

5.2 Coeficiente de escorrentía.

Permite valorar en qué grado el terreno de la cuenca es favorable o no a la formación de escorrentía superficial a partir de la precipitación caída, relacionando la Precipitación Máxima Diaria (Pd) con Umbral de Escorrentía (P0), de manera que sólo se produce escorrentía en caso de que la Precipitación Máxima caída (en mm) supere el Umbral de Escorrentía (en mm), es decir, aquella cantidad de lluvia que el terreno es capaz de infiltrar.

La fórmula utilizada sería la siguiente:

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

- Pd=P'd = Precipitación de cálculo (mm/día).
- Po = Umbral de escorrentia (mm/día).
- C = Adimensional.

Usaremos el umbral de escorrentia corregido usando el corrector del umbral de escorrentía (modificación CEDEX 1994). Calculado anteriormente.

Así mismo, también deberemos de usar la Precipitación de cálculo de las cuencas aplicando el factor corrector K_A , de la forma:

$$P'_d = P_d \times K_A$$

Finalmente, el factor corrector K_A calculado anteriormente y aplicado a P_d se obtiene de la ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Si } A < 1 \text{ km}^2 & \longrightarrow K_A = 1 \\ \text{Si } 1 \text{ km}^2 < A < 3000 \text{ km}^2 & \longrightarrow K_A = 1 - \frac{\log A}{15} \end{aligned}$$

CUENCA	KA	Pd' [mm/día]				
		T=25 AÑOS	T=50 AÑOS	T=100 AÑOS	T=250 AÑOS	T=500 AÑOS
TODAS	0,89	224,66	270,42	320,06	374,56	453,33

	P_0	P_0
Cuenca	(mm)	corregido (mm)
TOTAL	26.13	57.48

Tr	C
25 años	0,346
50 años	0,409
100 años	0,467
250 años	0,521
500 años	0,585

5.3 Intensidad de lluvia media.

Representa el valor medio de la precipitación caída sobre la cuenca según el periodo de retorno considerado y en función del tiempo de duración de la misma, el cual se suele tomar como el tiempo de concentración de la cuenca.

$$I = I_t = I_d \cdot \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1} \cdot t^{0,1}}{28^{0,1} - 1}}$$

- I_d = Intensidad media diaria (mm/h).
- I_1/I_d = Índice de torrencialidad.
- t = Tiempo de concentración (tc).
- I = (mm/h).

Intensidad lluvia media diaria

La intensidad media diaria de precipitación se obtiene a partir de la precipitación máxima diaria corregida para un periodo de retorno repartiéndose en las 24 horas que componen el día, es decir:

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_a}{24}$$

- P_d = Precipitación de cálculo (mm/día).
- K_a = factor corrector

Como hemos dicho anteriormente:

$$P'_d = P_d \times K_A$$

CUENCA	KA	Pd' [mm/día]				
		T=25 AÑOS	T=50 AÑOS	T=100 AÑOS	T=250 AÑOS	T=500 AÑOS
TODAS	0,89	224,66	270,42	320,06	374,56	453,33

TODAS LAS CUENCAS (Id)	
Id (mm/h) (25 años)	9,36
Id (mm/h) (50 años)	11,27
Id (mm/h) (100 años)	13,34
Id (mm/h) (250 años)	15,61
Id (mm/h) (500 años)	18,89

Índice de torrencialidad.

Es el coeficiente entre la intensidad horaria y la diaria, y se determina según la figura 2.4. de la Instrucción 5.2.- I.C. a partir de las isólineas elaborado por J.R. Témez.

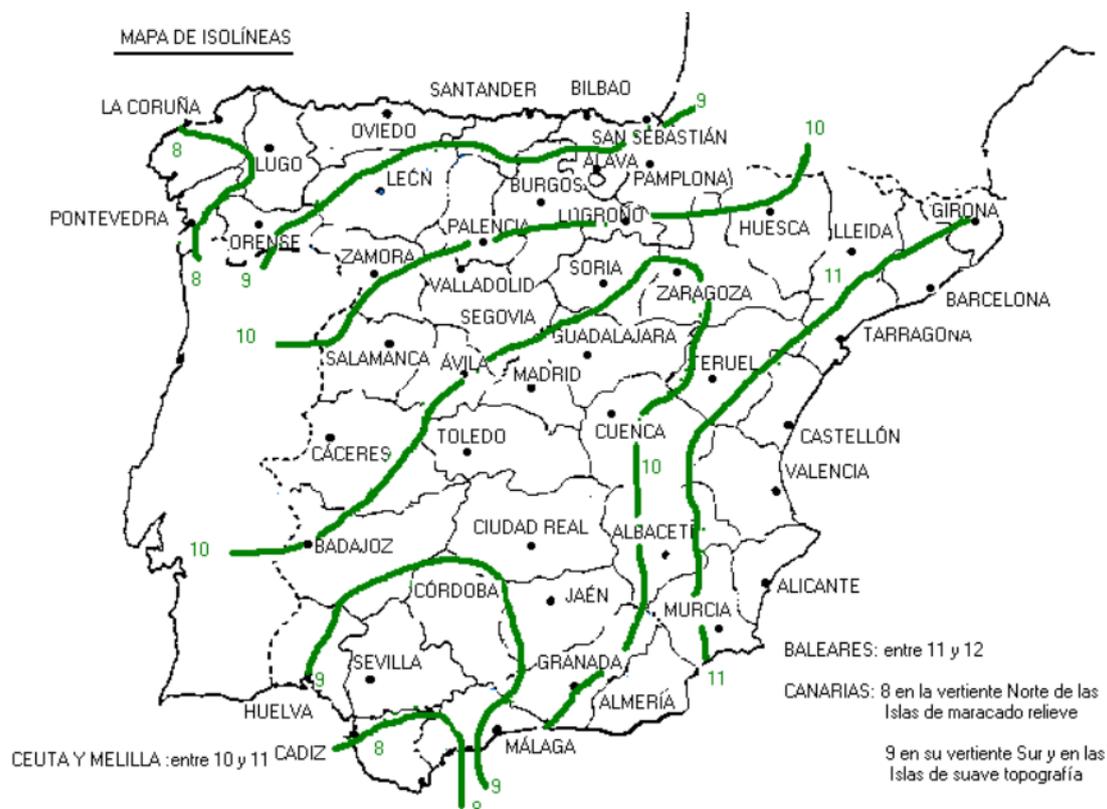


Figura 6: Mapa de isólineas.

En nuestro caso usaremos $I_1/I_d = 11$

Por tanto la intensidad I [mm/h] para los diferentes periodos de retorno seria:

TODAS LAS CUENCAS (I_d)	
I_d (mm/h) (25 años)	9,36
I_d (mm/h) (50 años)	11,27
I_d (mm/h) (100 años)	13,34
I_d (mm/h) (250 años)	15,61
I_d (mm/h) (500 años)	18,89

	T_c [h]
TODAS LAS CUENCAS	5,20

TODAS LAS CUENCAS [mm/h]	
I (25 años)	34,73
I (50 años)	41,80
I (100 años)	49,48
I (250 años)	57,90
I (500 años)	70,08

5.4 Caudal de diseño

El cálculo del Caudal de diseño de la totalidad de las cuencas estudiadas aplicando el Método Racional de Temez para los distintos periodos de retorno T_r .

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

Periodo de retorno (T_r) (años)	Coefficiente de escorrentía (C) (adimensional)	Intensidad de lluvia (I) (mm/h)	Área de la cuenca (A) (Km ²)	Coefficiente de uniformidad (K) (adimensional)	Caudal Máximo de Referencia (Q) (m ³ /s)
25	0,346	34,73	47.75	1,36	220,49
50	0,409	41,80			313,65
100	0,467	49,48			424,12
250	0,521	57,90			554,03
500	0,585	70,08			753,48

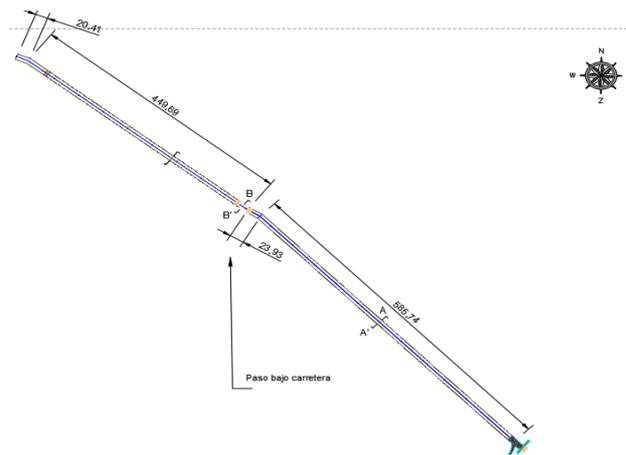
6. Diseño canal.

El estudio del funcionamiento hidráulico se ha realizado mediante la herramienta HEC-RAS versión 6.1 (*Hydrologic Engineering Center – River Analysis System*), software desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. Este programa permite la simulación hidráulica en régimen permanente o transitorio unidimensional de una red de cauces naturales, encauzados o canalizados con el fin de obtener el perfil de la superficie para flujo subcrítico, supercrítico o mixto, mediante la resolución de la ecuación de la energía por el Método del paso estándar además de admitir la inserción en el sistema fluvial de estructuras hidráulicas como puentes, vertederos, compuertas, etc.

Los resultados de las simulaciones se pueden presentar en forma de gráficos, tanto de perfiles longitudinales como de secciones transversales, y en forma de tablas, bien definidas por el propio programa o por el usuario, mostrando los resultados que interese en cada caso de estudio.

6.1 Introducción.

La ejecución de la obra en su totalidad se plantea en la construcción de un canal rectangular de 1080 metros. El cálculo hidráulico se realiza de forma que se simule el comportamiento hidráulico final y conjunto, con la actuación totalmente ejecutada. Los cálculos hidráulicos, por tanto, se realizan considerando la totalidad de las actuaciones planteadas, que llevan al diseño de las obras realizadas.



Longitudes canal rectangular de evacuación

Las cotas de cálculo introducida en el programa HEC -RAS se realiza en base a la recogida de las Coordenadas UTM mediante el visor GVA, lo mas adecuado sería realizar un levantamiento topográfico realizado del que pueda extraer la topografía de la zona, pero al realizar un canal artificial, es suficiente con las cotas aguas abajo, aguas arriba e intermedias, así como las cotas de los laterales del cauce previo a la actuación..

Estos datos se han exportado para realizar las geometrías a HEC - Ras. A partir de la topografía, se definen las secciones en cada tramo, por criterios hidráulicos, geométricos, de trazado.

- Rugosidades.

La rugosidad del cauce se ha reflejado mediante el coeficiente de rugosidad de Manning.

A continuación, se describe la metodología empleada para la determinación de los distintos valores de la rugosidad que presentan los distintos materiales empleados en las secciones tipo propuestas:

HORMIGÓN

De las tablas de valores de n del libro “Hidráulica de canales abiertos” de Ven Te Chow, presentes también en otros libros de hidráulica, y contrastadas por la experiencia. El valor considerado en los cálculos es $n = 0,015$.

ESCOLLERA COLOCADA

Se considera una escollera vertida y colocada pero generando rugosidad, esto es sin colocarla de forma que quede una superficie en la que no sobresalgan los escollos.

La escollera se coloca en la desembocadura de nuestro canal de evacuación en la confluencia con el Río Júcar, para preservar el correcto funcionamiento hidráulico del Río Júcar.

Se ha considerado, como valor del coeficiente de la rugosidad de Manning $n = 0,025$ en los tramos con escollera.

Caudales de simulación hidráulica.

Los caudales de cálculo son los correspondientes a los periodos de retorno de 25, 50, 100 y 250 y 500 años, según se han calculado en el Anejo IV. Método racional modificado de Temez.

Los caudales son los siguientes:

T (años)	TODAS [m ³ /s]
25	220,49
50	313,65
100	424,12
250	554,03
500	753,48

Se ha realizado el diseño del canal para que pueda evacuar un $Q_{\text{diseño}} = 753.48 \text{ [m}^3/\text{s]}$.

3.5.- CONDICIONES DE CONTORNO.

Las condiciones de contorno vienen impuestas por el propio cauce por donde discurre nuestro canal de evacuación. Por tanto, el nivel a considerar aguas abajo, es el de la energía impuesta por el flujo de la totalidad de las cuencas, que dependerá del caudal circulante por dicho canal, asociado a los distintos periodos de retorno de cálculo.

Estas condiciones implican la hipótesis, como más desfavorable, de que coinciden las puntas de caudal de todas las cuencas a la vez.

Coefficientes de contracción y expansión.

Los coeficientes de contracción y expansión considerados son:

$C_c = 0,1$ $C_e = 0,3$

6.2. Perfil longitudinal.

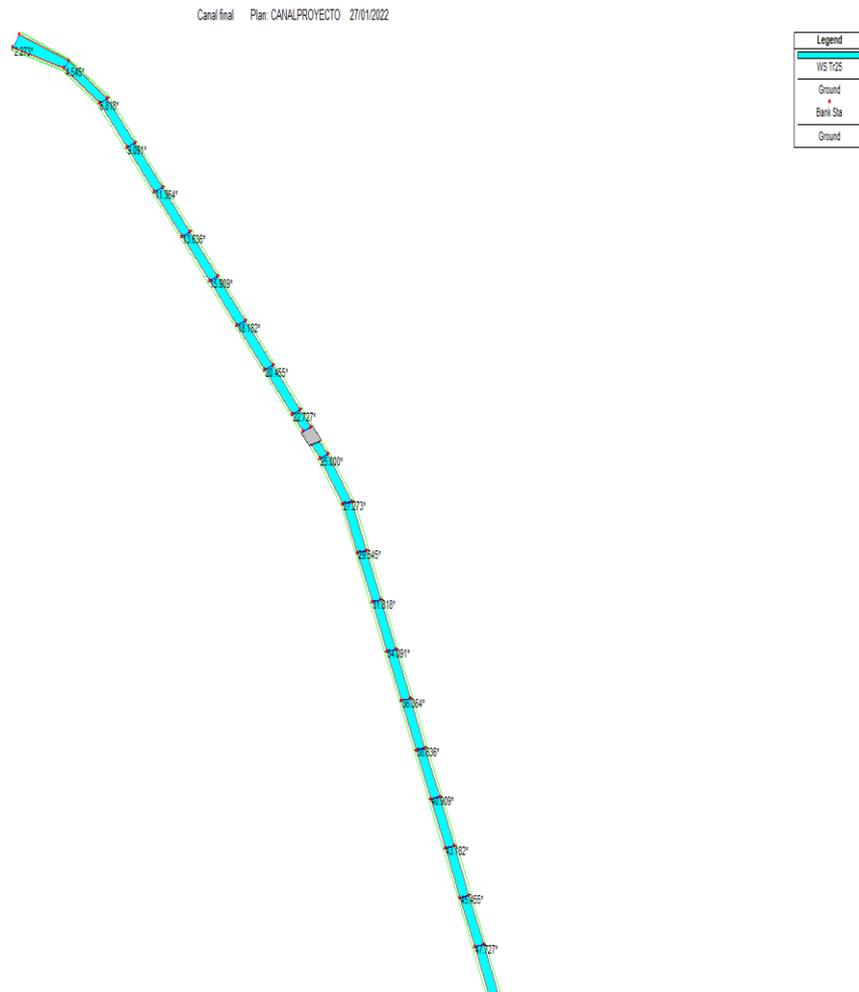


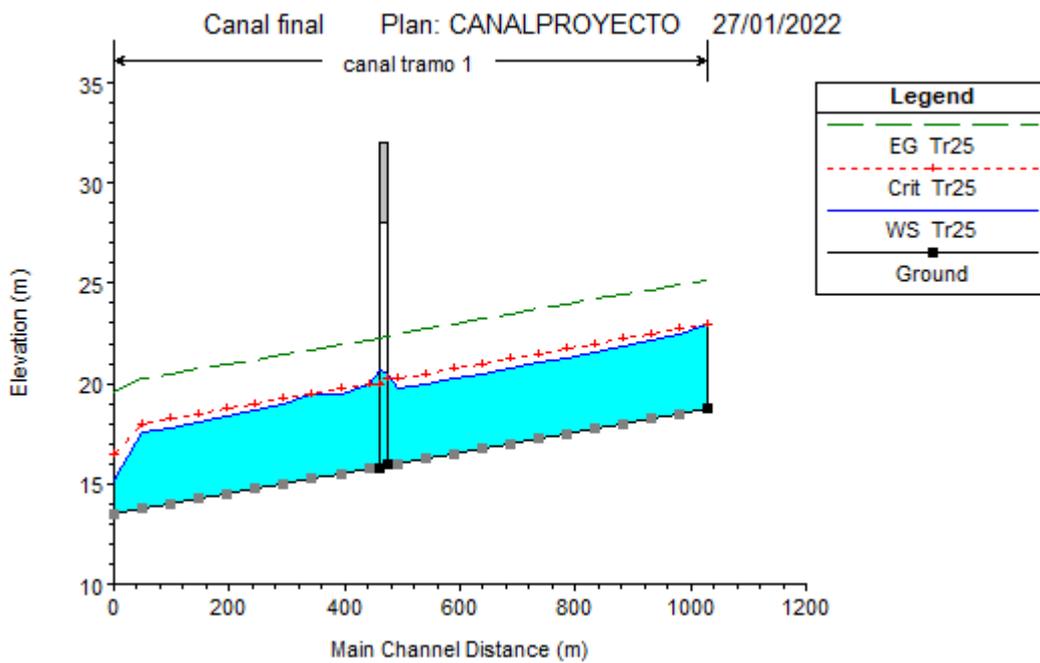
Imagen de la planta del canal diseñado con HEC - RAS

La anchura de la mayor parte del canal será de 8 m, para adecuarlo a la parte más estrecha correspondiente al tramo a su paso por la zona urbana, para evitar demoliciones de edificios y

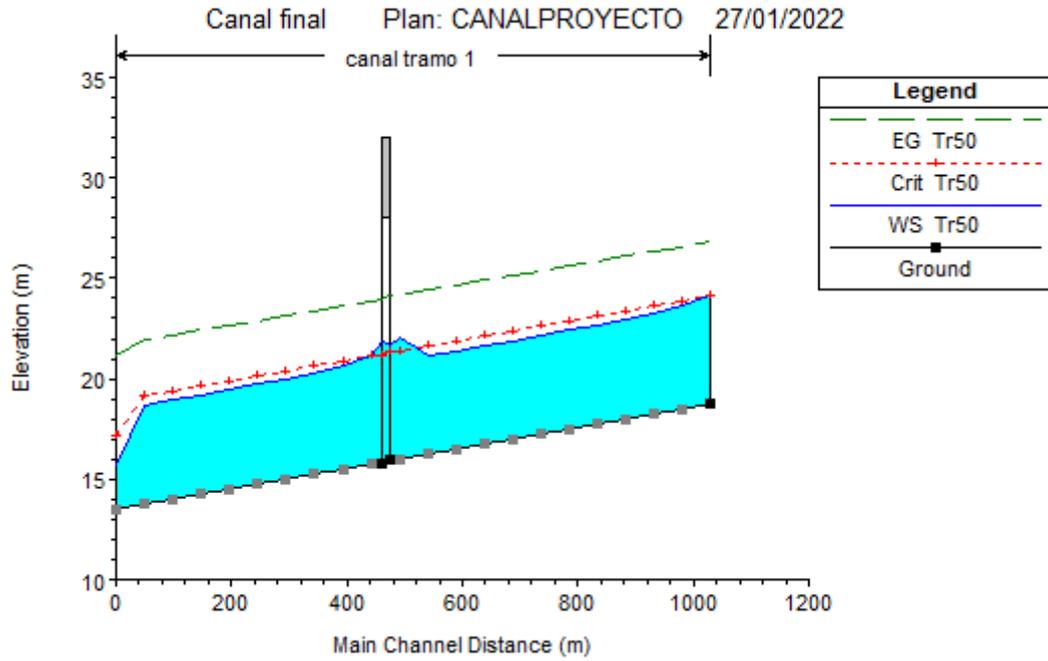
reposiciones de servicios innecesarias. La parte final se ensanchará (además de la colocación de escollera), para, adecuar la convergencia del canal con el Río Júcar en la desembocadura del mismo.

A continuación se muestran los diferentes calados del agua para los distintos periodos de retorno:

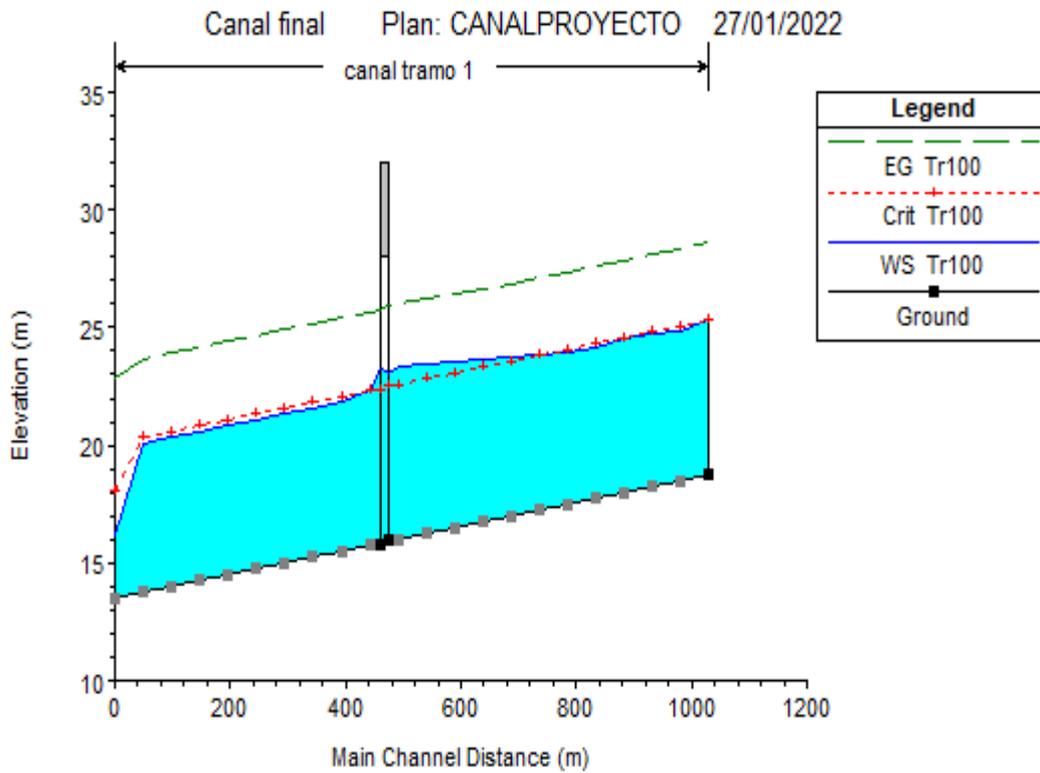
TR25



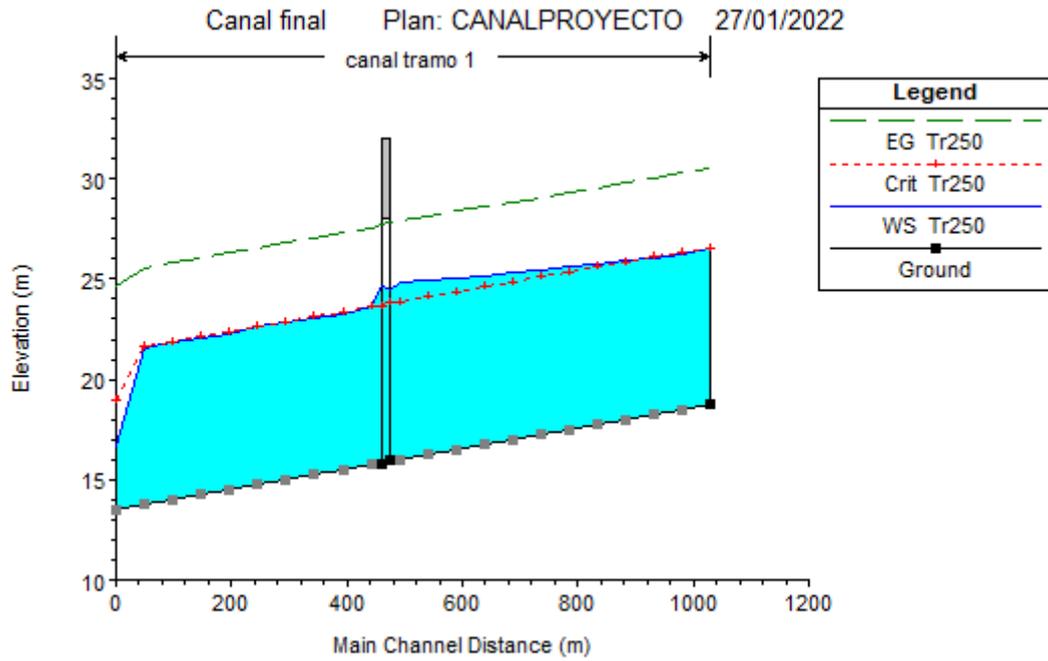
TR50



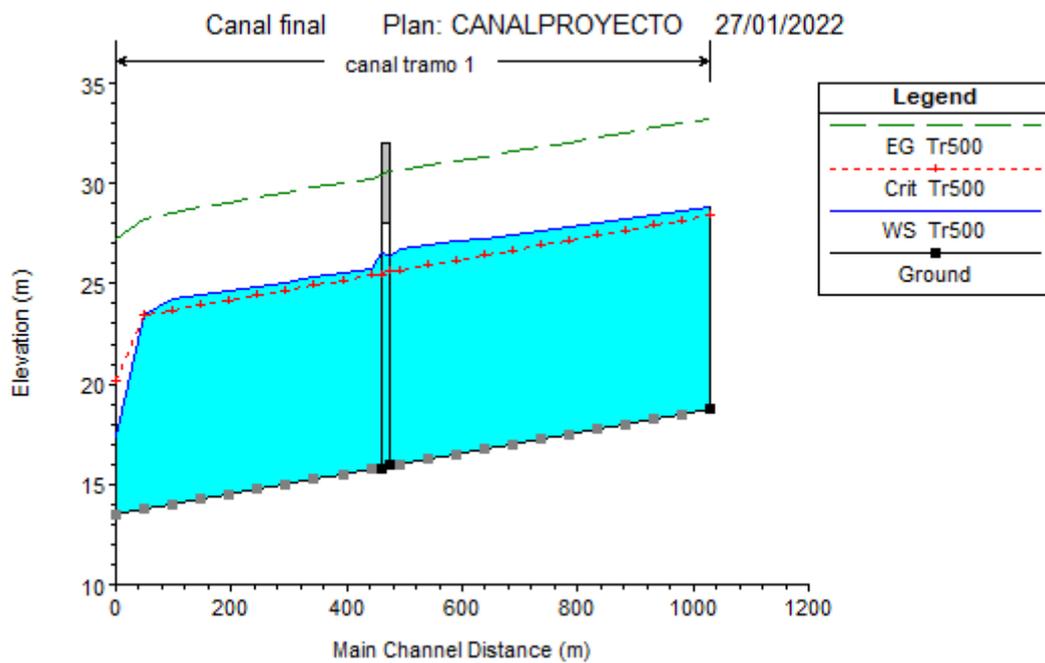
TR100



TR250



TR500



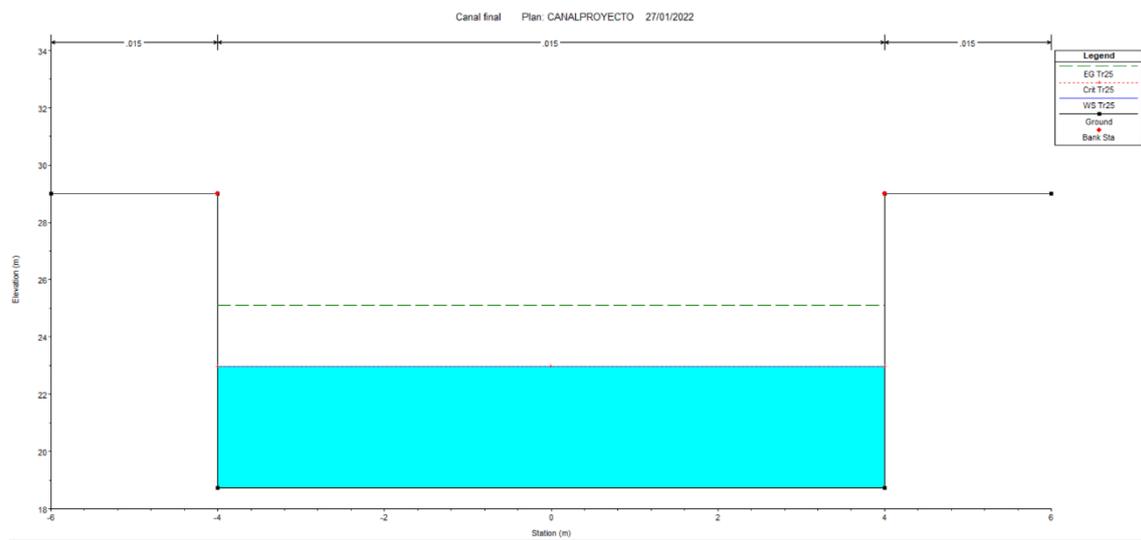
6.3. Secciones transversales más significativas

En el Anejo 4 pueden ver todas las secciones del canal para todos los periodos de retorno. A continuación describiremos y mostraremos las secciones de más importancia en el diseño del canal,

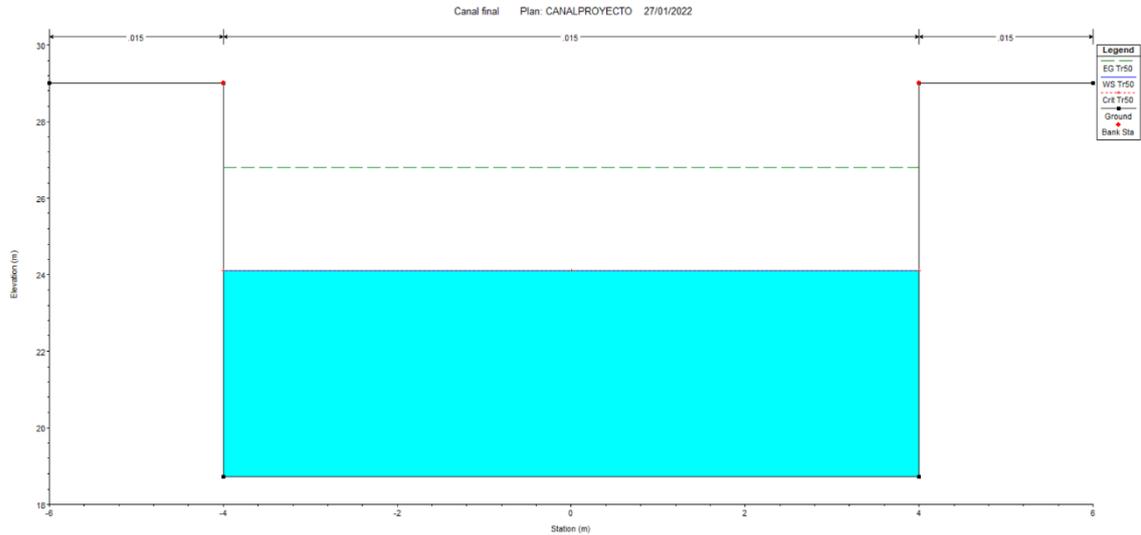
Sección Inicio Canal

La parte inicial del canal rectangular se encuentra en el Pk.0+000, correspondiente a la parte posterior al paso del puente que cruza con la CV-572, el calado del canal en este tramo inicial, para asegurar el correcto funcionamiento del mismo para un tiempo de retorno de 500 años será de 10.28 metros, llegando a una cota de 29m, empezando con una cota de solera de 18.72m.

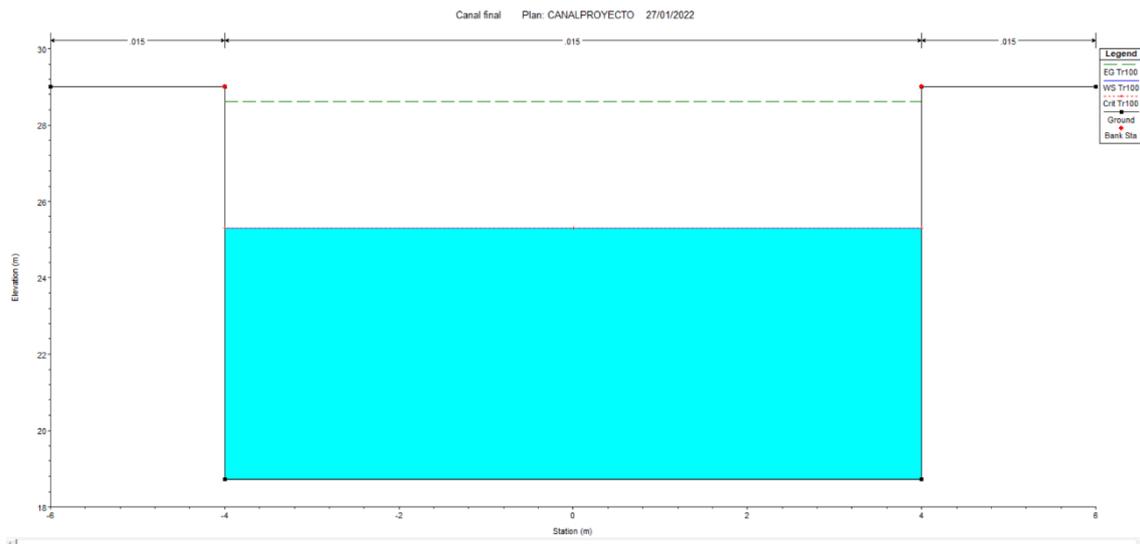
TR25



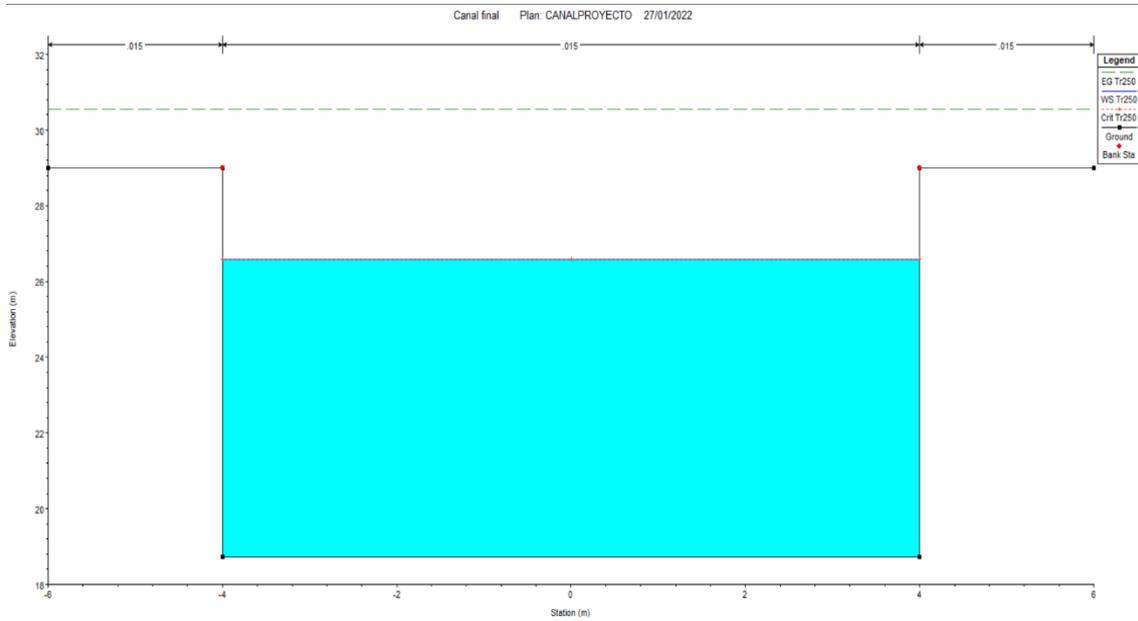
TR50



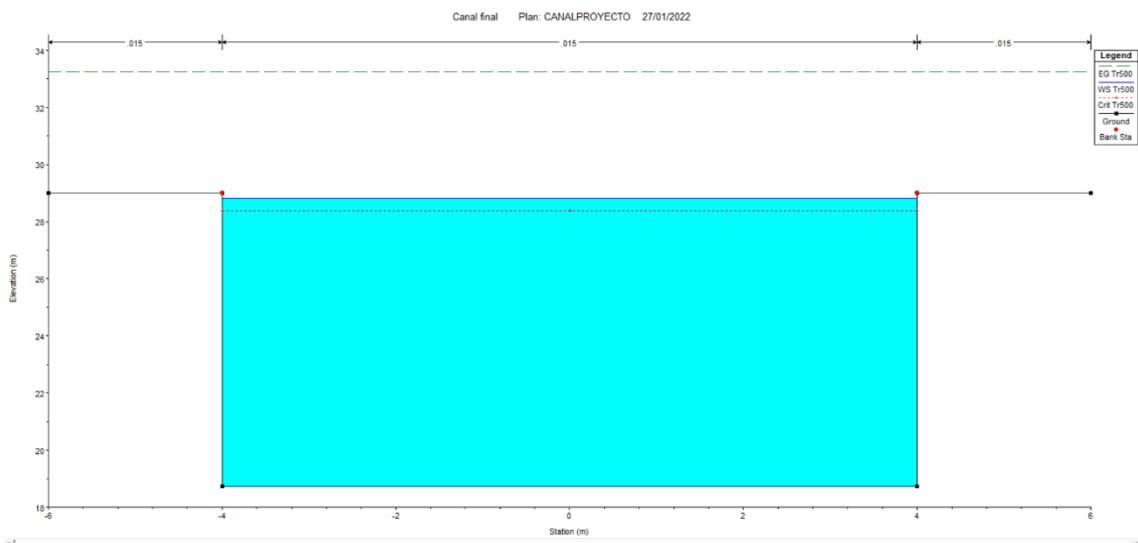
TR100



TR250



TR500



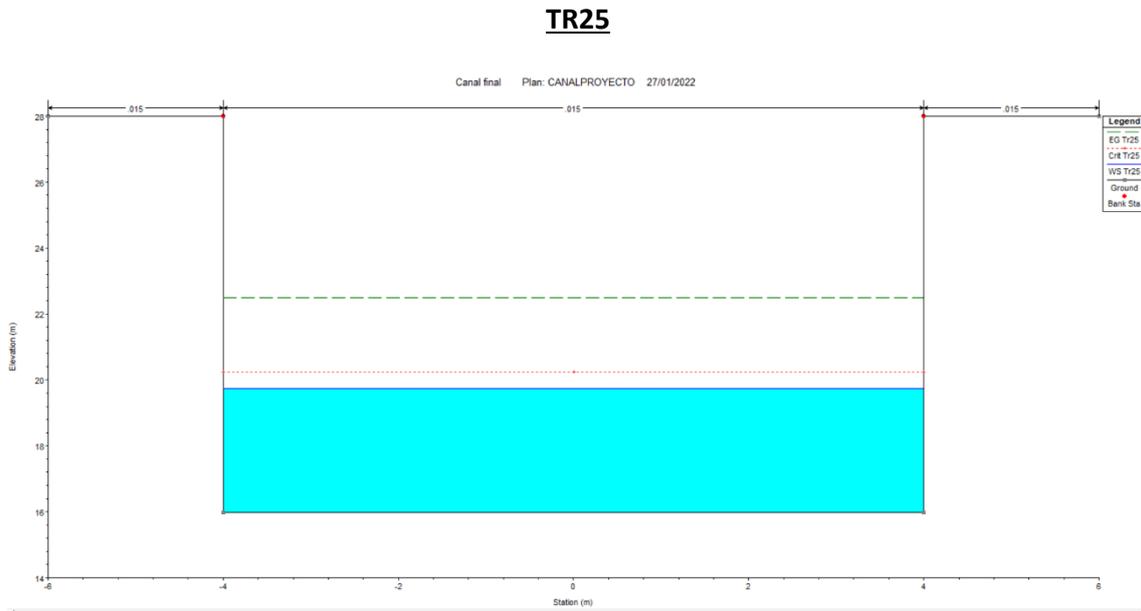
A partir de ahí empezaremos a subir la altura del canal para cumplir los requisitos hidráulicos y de seguridad a medida que nos acercamos a la zona urbana de Alzira.

Sección Aguas arriba del puente

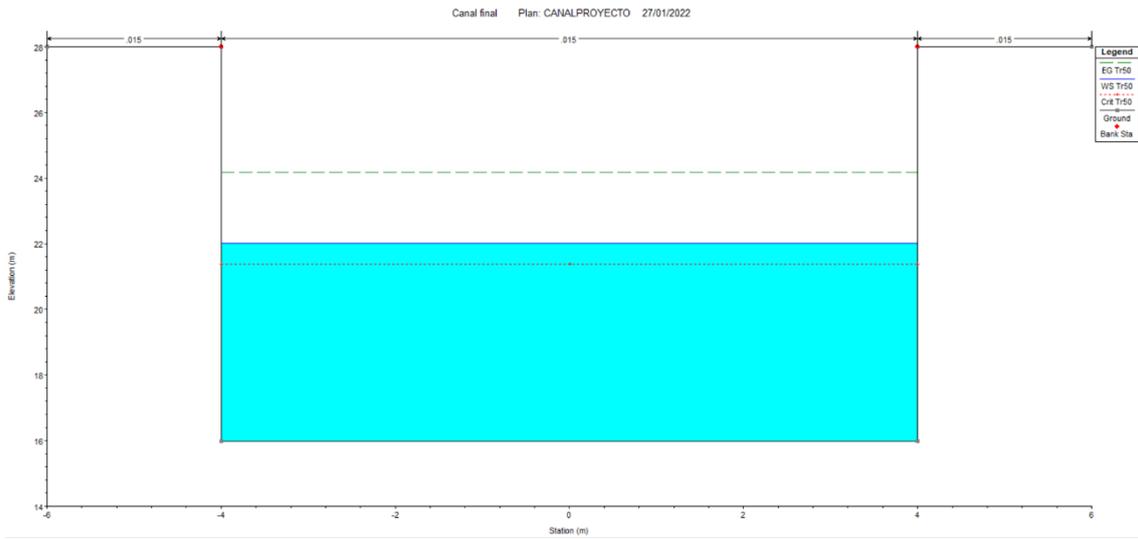
Será en el punto por donde cruza la CV-41, en el PK. 0+585. EN este punto la cota del canal será de 28m mientras que la cota de solera será de 16.12m, por lo que la altura del canal será de 11.88 m. En este punto la anchura de canal continuara siendo de 8m. De esta manera se permite encajar el canal en el cauce natural previo a la actuación, y se asegura su correcto funcionamiento, sobre todo del lado de la seguridad, al ser una zona urbana que une el municipio de Alzira con el municipio de Carcaixent.

Aquí os muestro la sección transversal previa y posterior a la sección estudiada, ya que la interpolación no mide por sí misma la sección en sí.

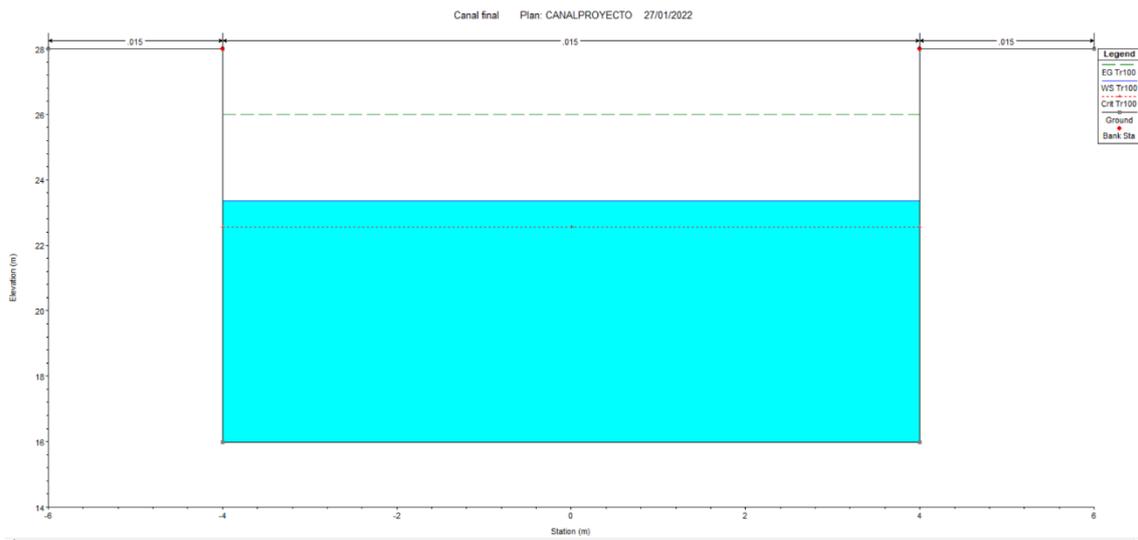
Sección previa:



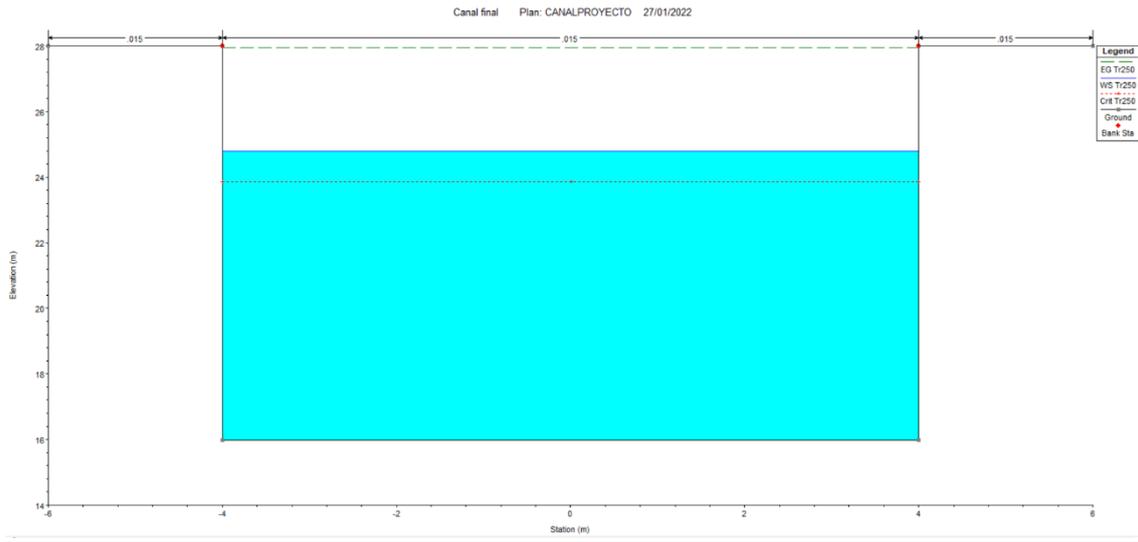
TR50



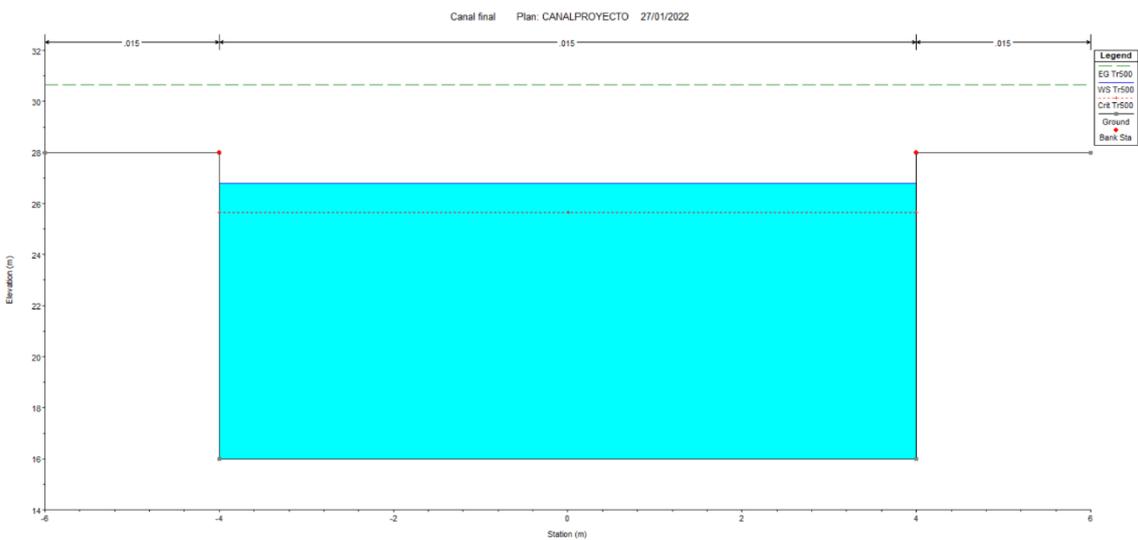
TR100



TR250

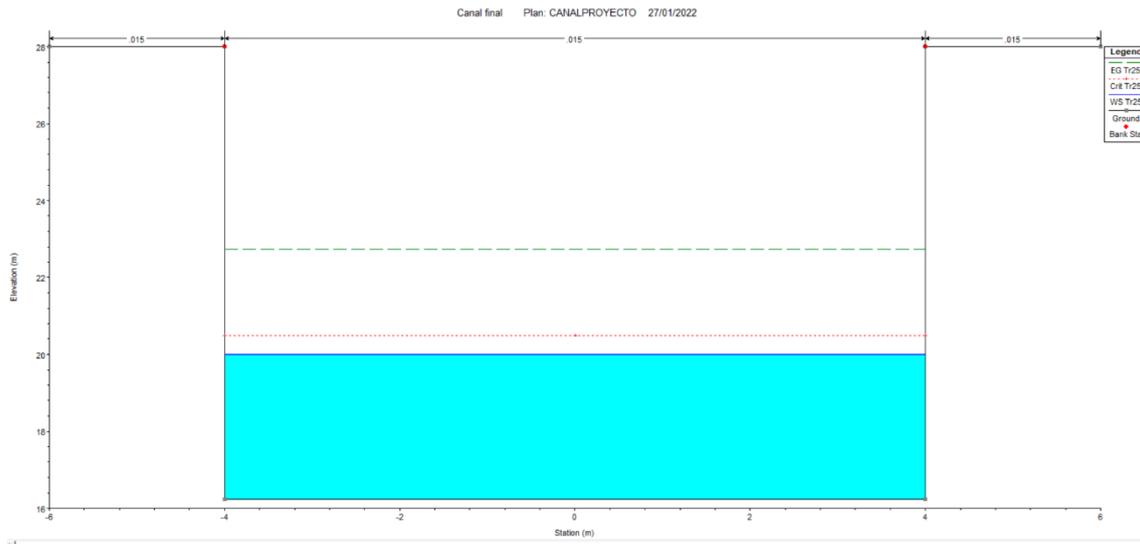


TR500

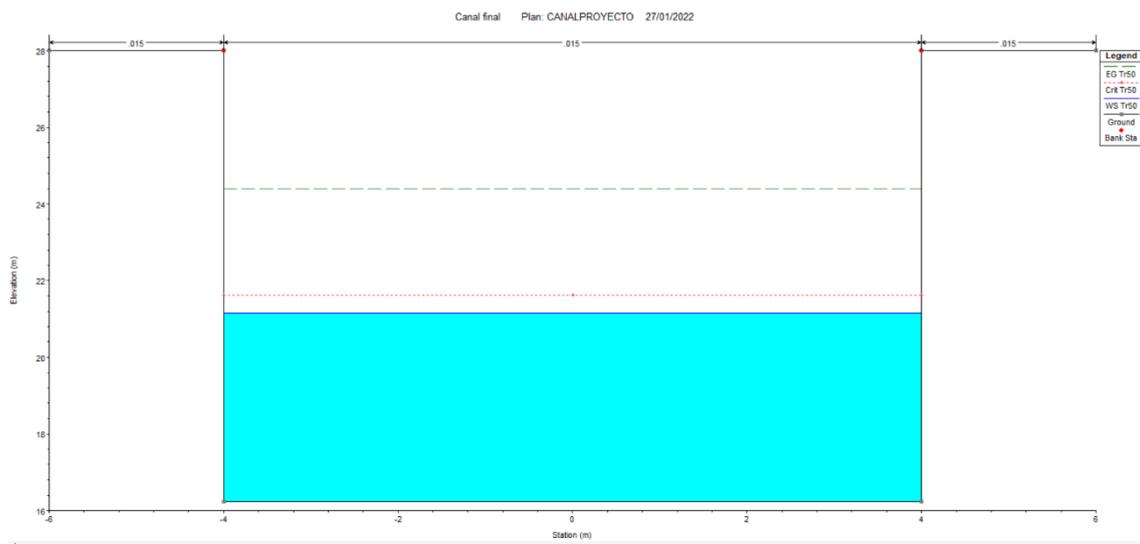


Sección posterior:

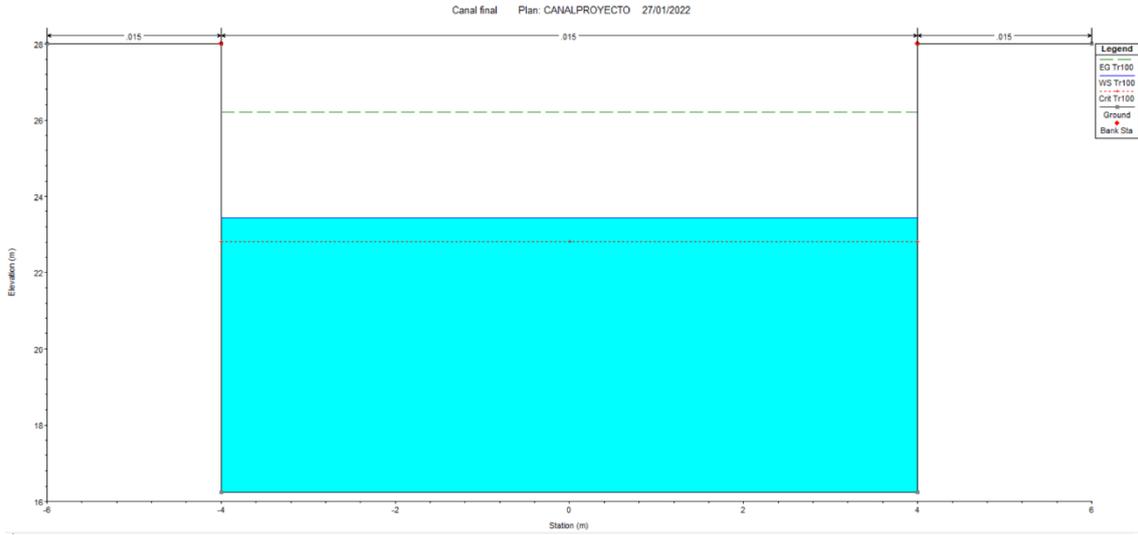
TR25



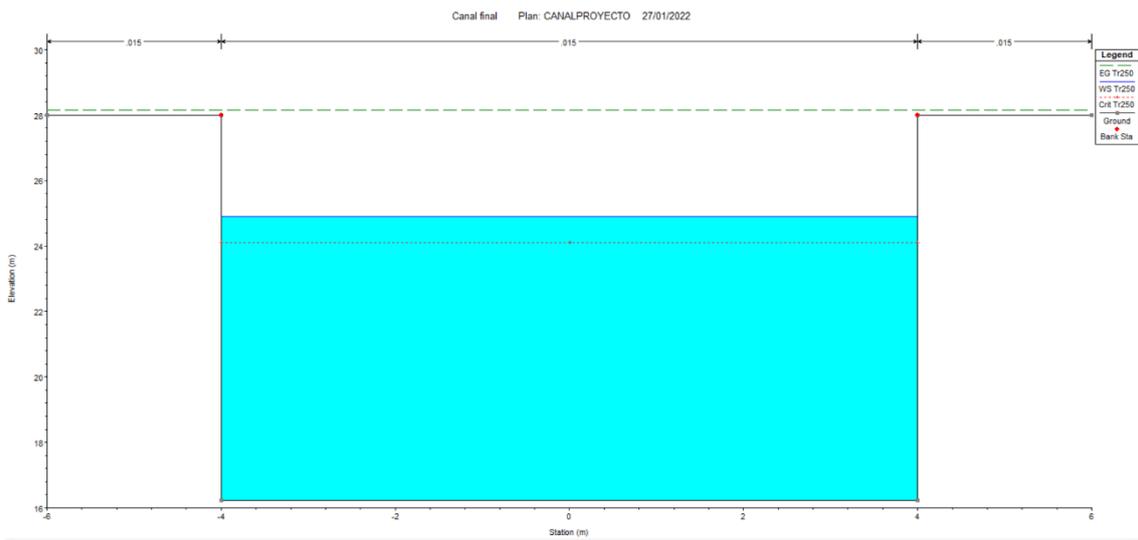
TR50



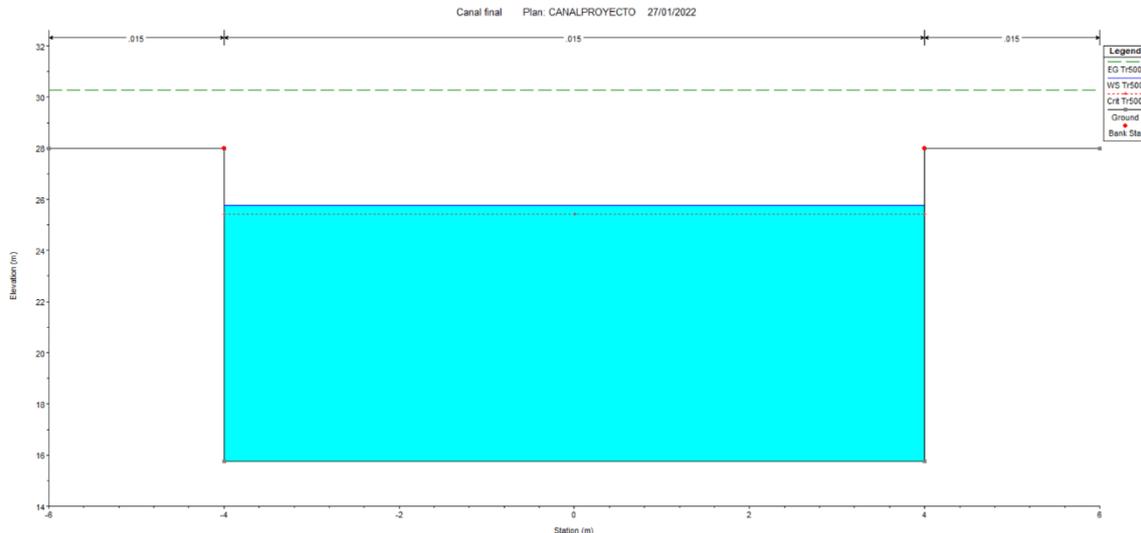
TR100



TR250



TR500



Sección puente

Para ello, también deberemos de encajar el canal en la zona seleccionada y levantar el puente, ya que si cogemos de referencia el puente actual tiene un grosor de más de 2 m, y al pasar transversalmente el canal puede ser un punto conflictivo para el Caudal correspondiente a un tiempo de retorno de 500 años.

Para unos tiempos de retorno de 100 años o menores no sería necesario el levantamiento del canal debido a su significativa reducción de la altura de cajero, que puede observarse en los distintas secciones transversales del canal para esos tiempos de retorno

Partes más importantes:

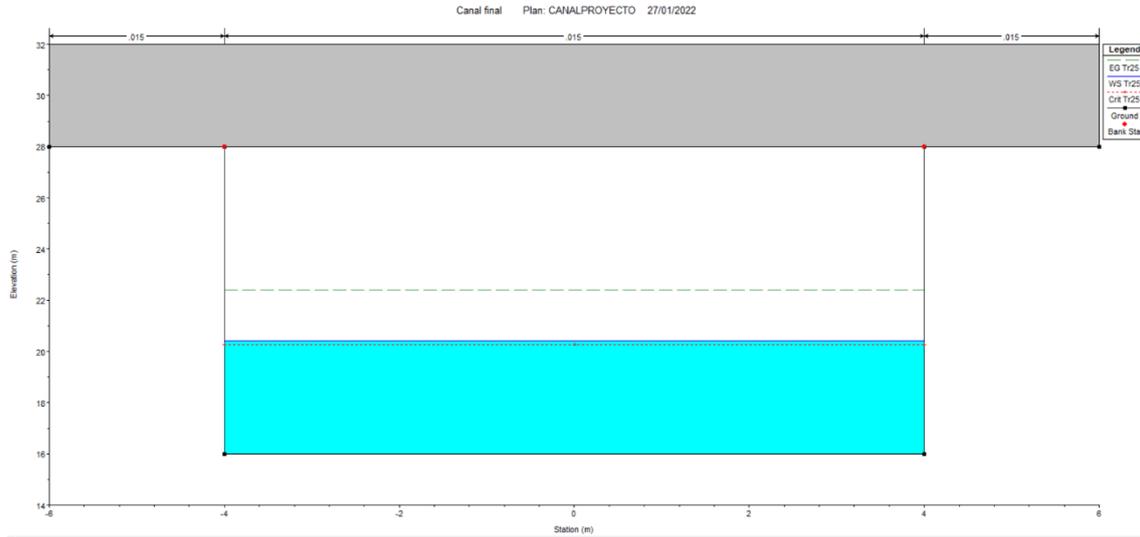
- Tablero: Recibe las sobrecargas de uso debidas al tráfico.

Se realizará un ensanchamiento del tablero hasta una anchura máxima de 15 metros, siendo este máximo correspondiente a la anchura máxima que se podría disponer sin tener que expropiar y demoler cualquier zona adyacente. El motivo es para adecuar las aceras para el paso de peatones, y pudiendo adaptarlo para que encaje en la obra lineal CV-41 que discurre a través del mismo.

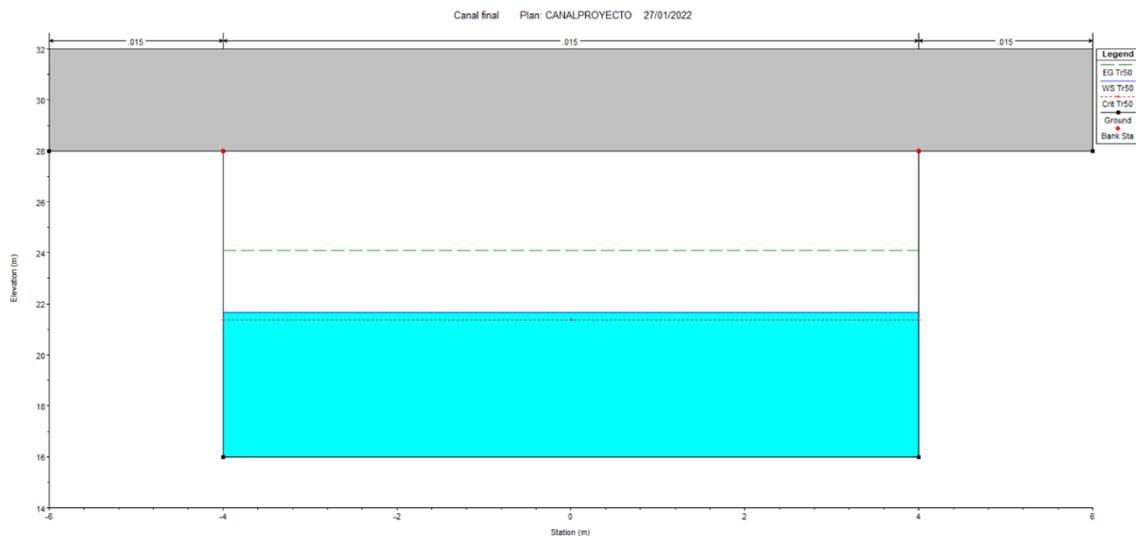
- Sistema primario: Soporta el tablero y transmite las cargas a los apoyos.
- Subestructuras: Incluyen pilas y estribos con sus correspondientes cimentaciones y aseguran la transición de las cargas desde el sistema primario.

- Sección Aguas arriba del puente:

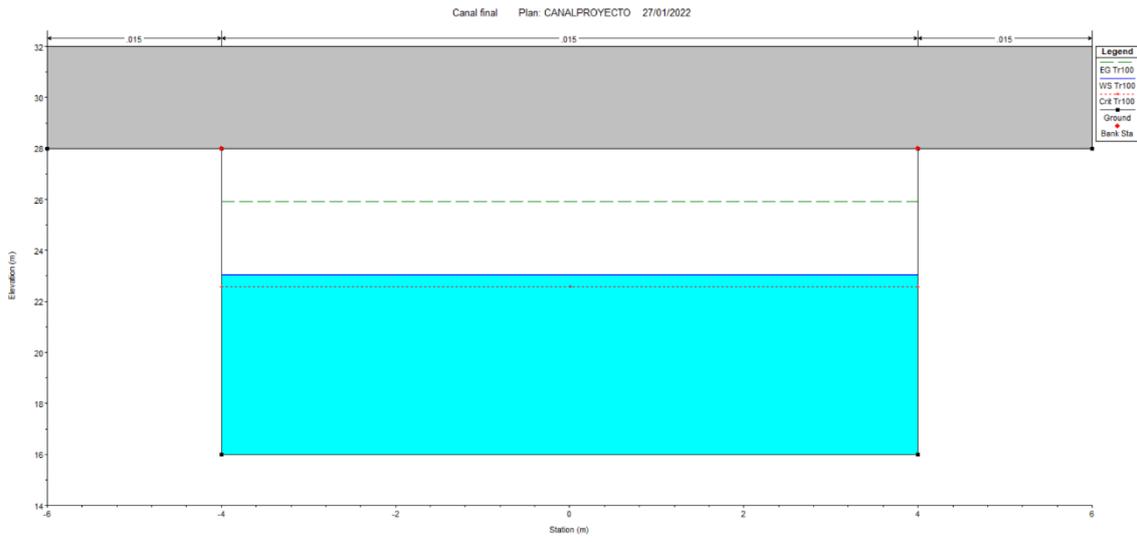
TR25



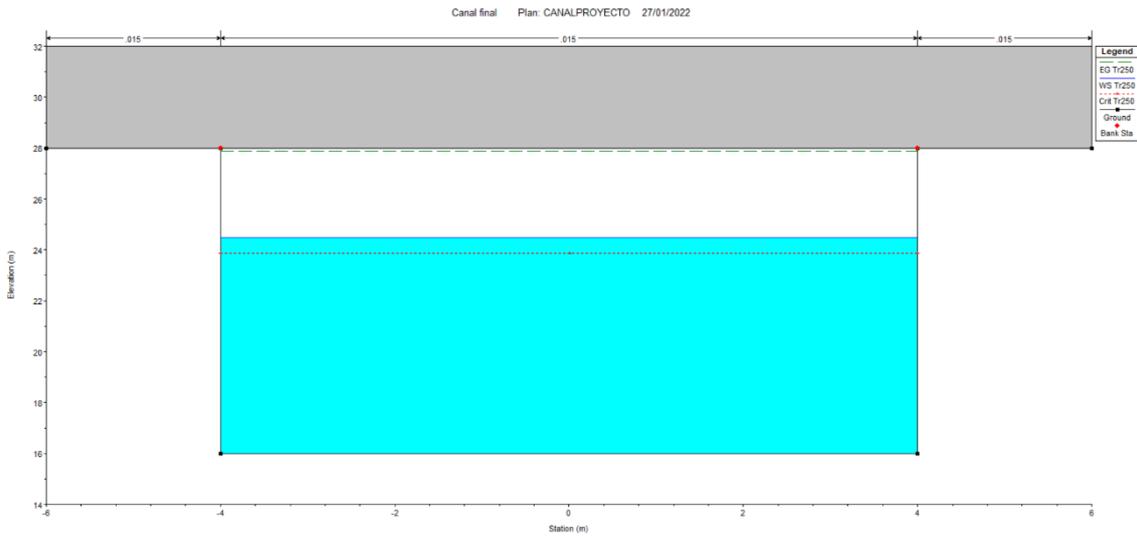
TR50



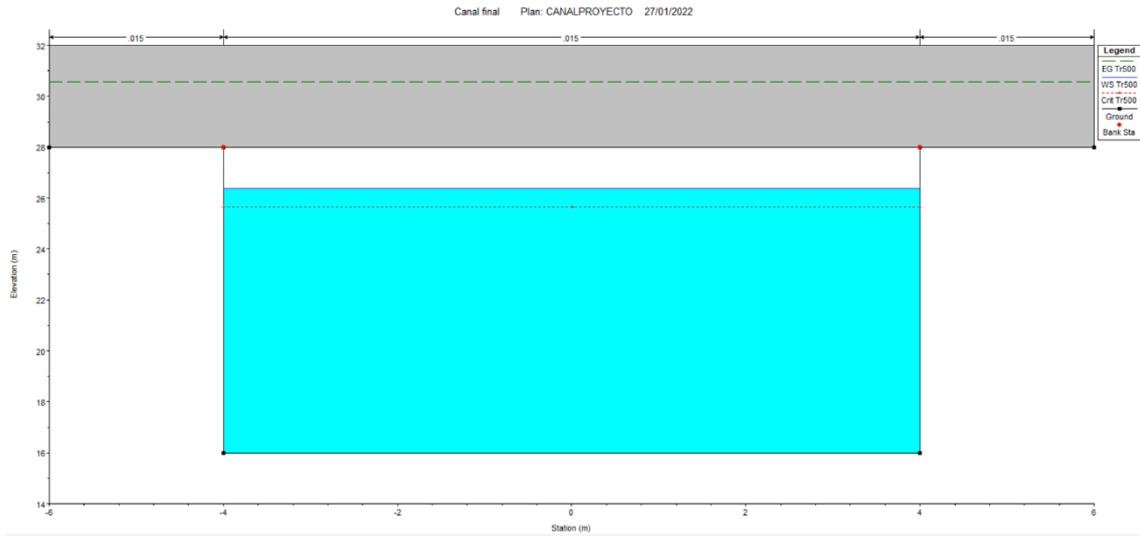
TR100



TR250

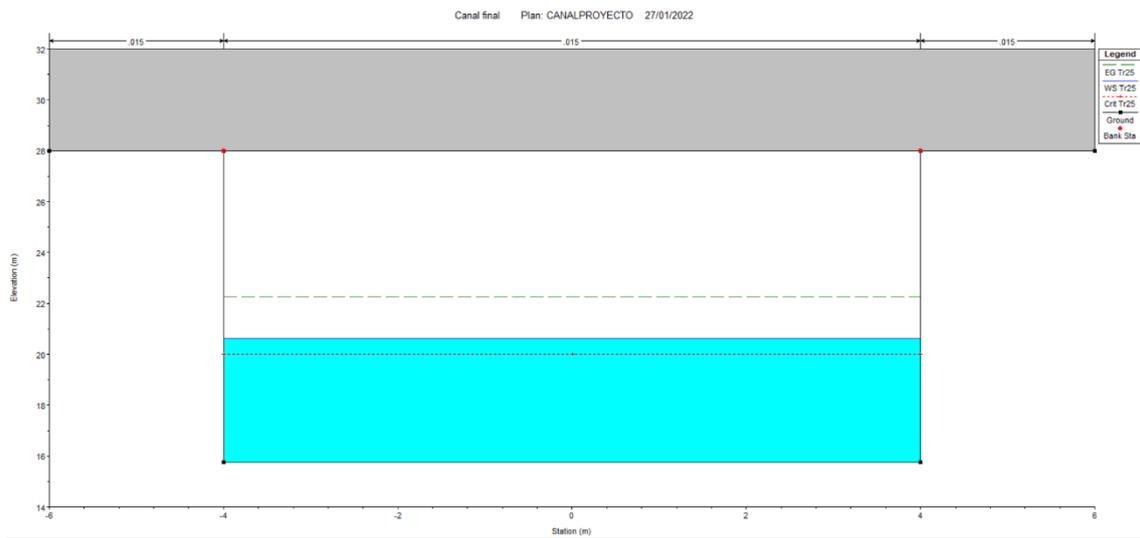


TR500

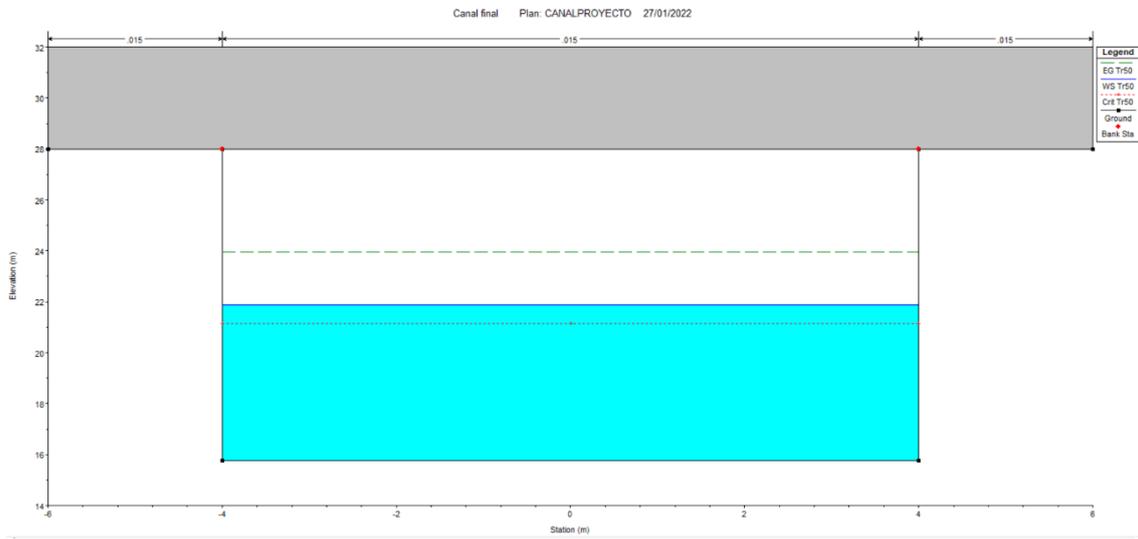


Sección aguas abajo puente:

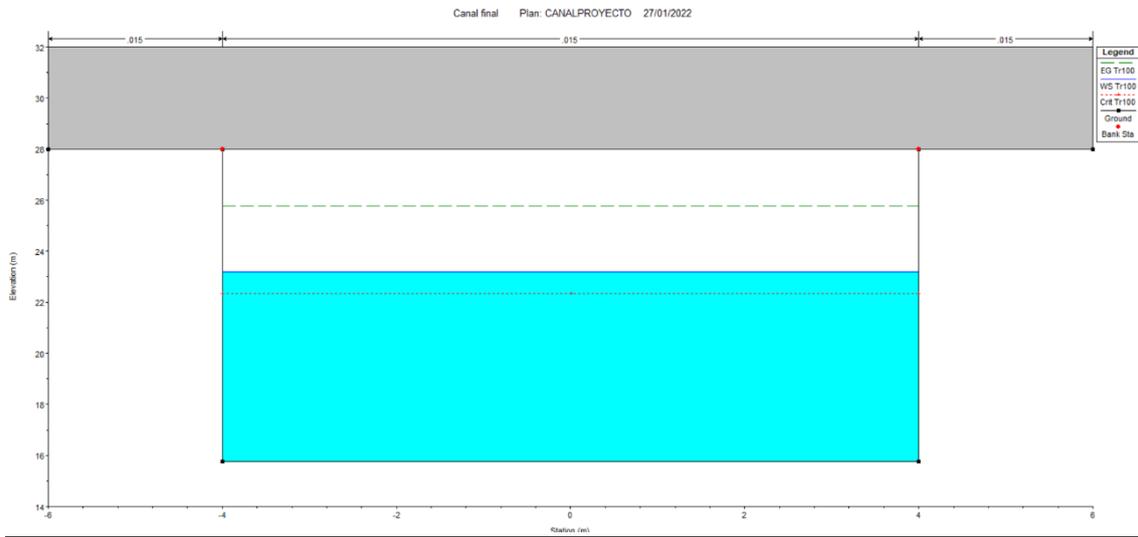
TR25



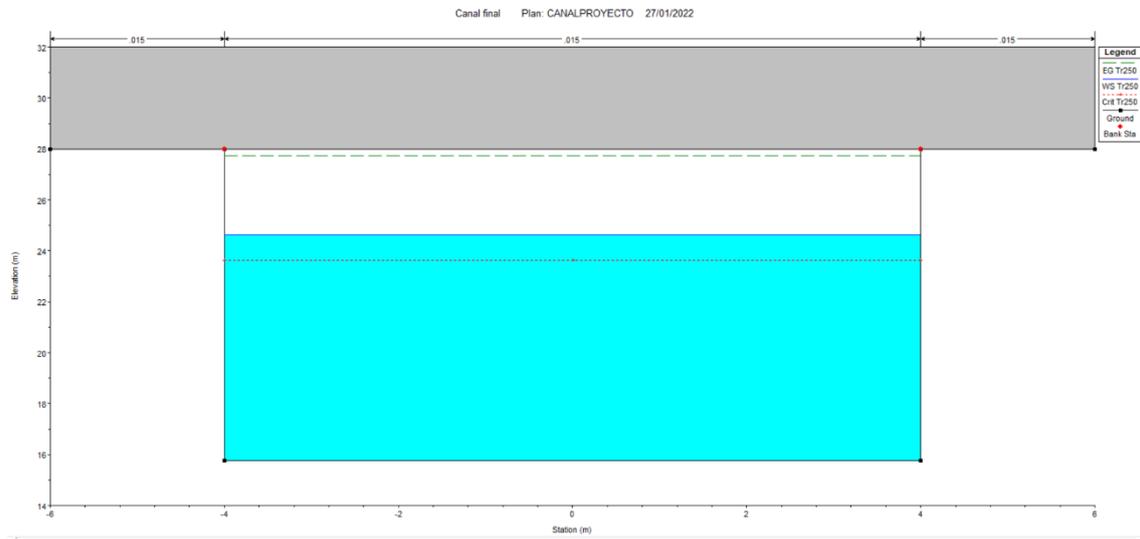
TR50



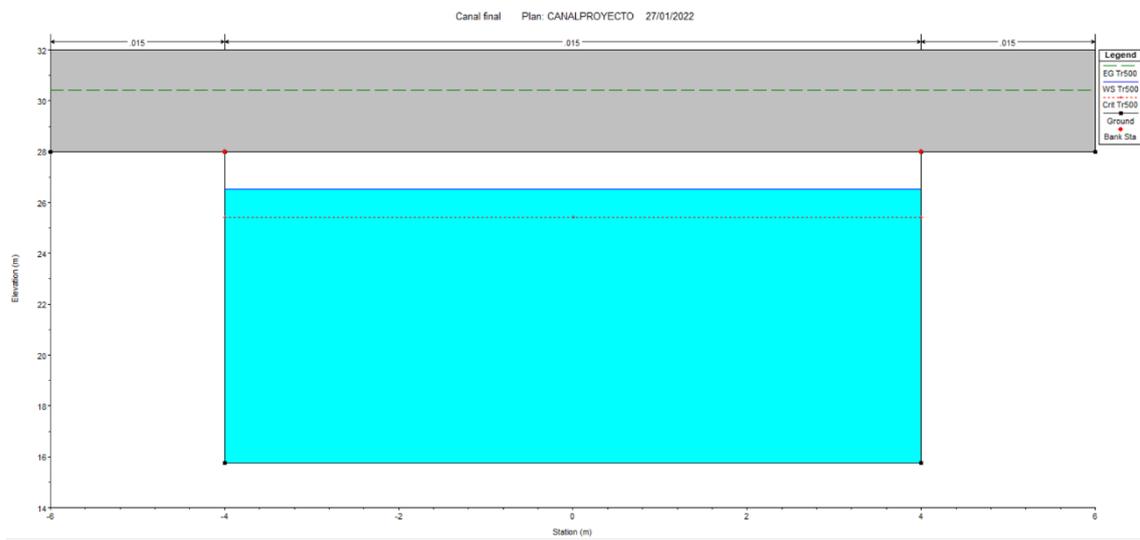
TR100



TR250



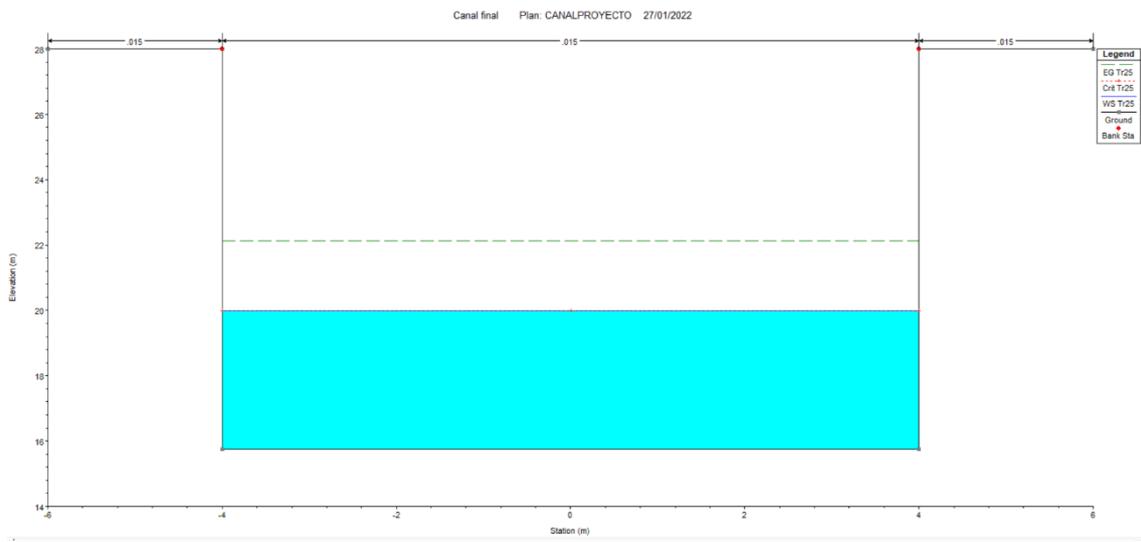
TR500



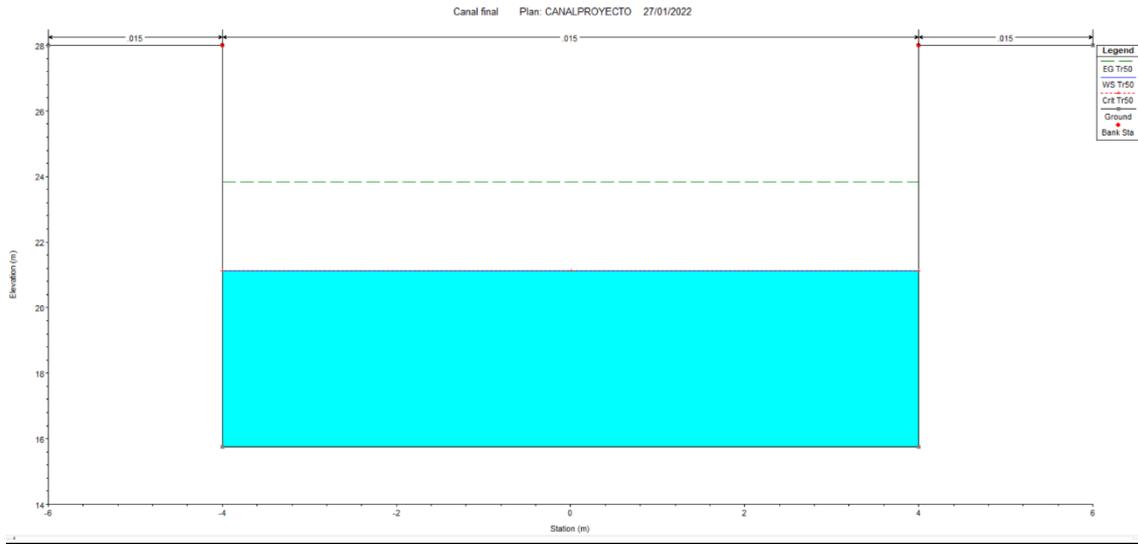
Sección aguas abajo del puente

Correspondería a la zona del canal rectangular ubicada aguas abajo del puente por donde cruza la CV-41 en el Pk 0+639 , este punto sería el de máxima altura del canal, ya que a partir de aquí iríamos saliendo de la zona urbana y nos dirigiríamos a la zona más agrícola, en este punto la cota de solera sería de 15.74 m y la cota del canal llegaría hasta los 28 m , teniendo una altura de 12.26 m.

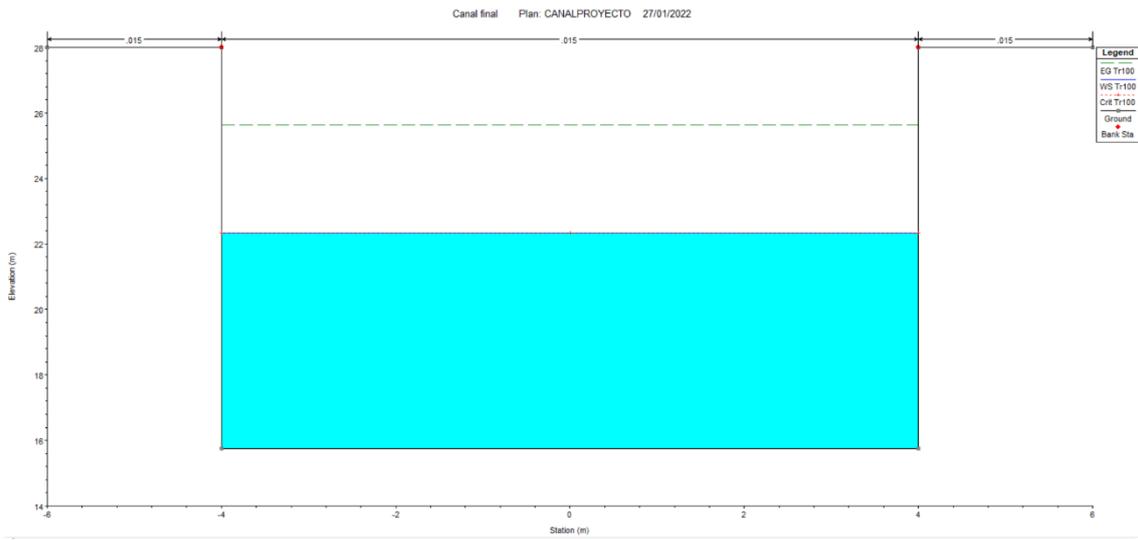
TR25



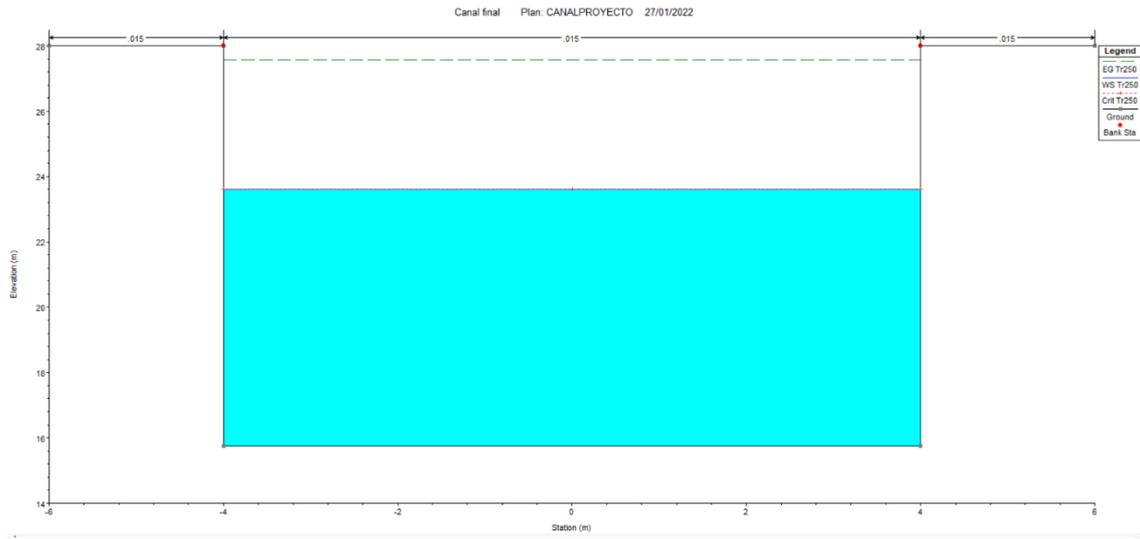
TR50



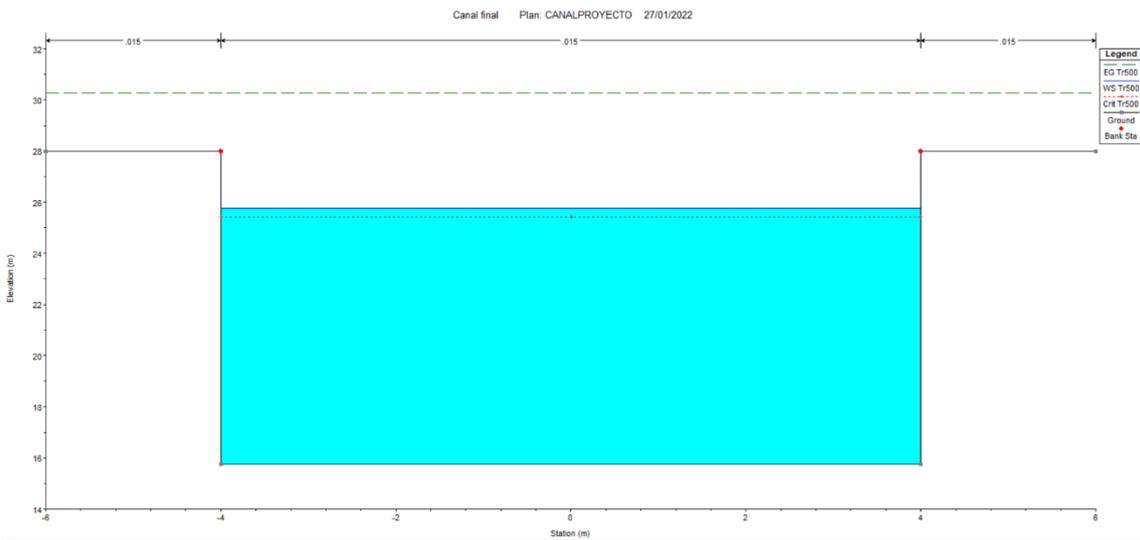
TR100



TR250



TR500

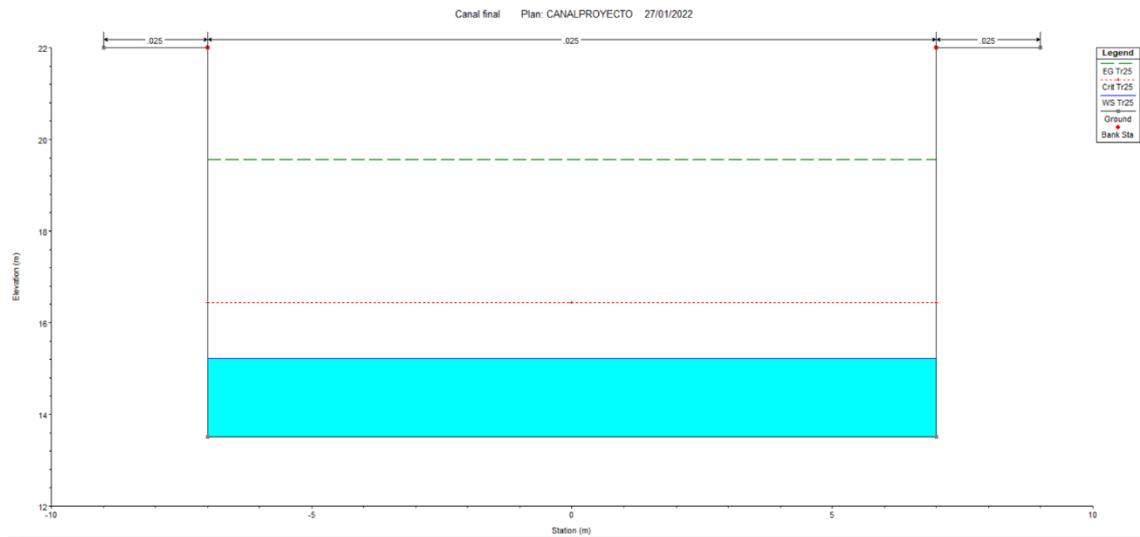


A partir de aquí reduciremos la altura de canal paulatinamente siguiendo los condicionantes hidráulicos y de terreno hasta la desembocadura con el río Júcar.

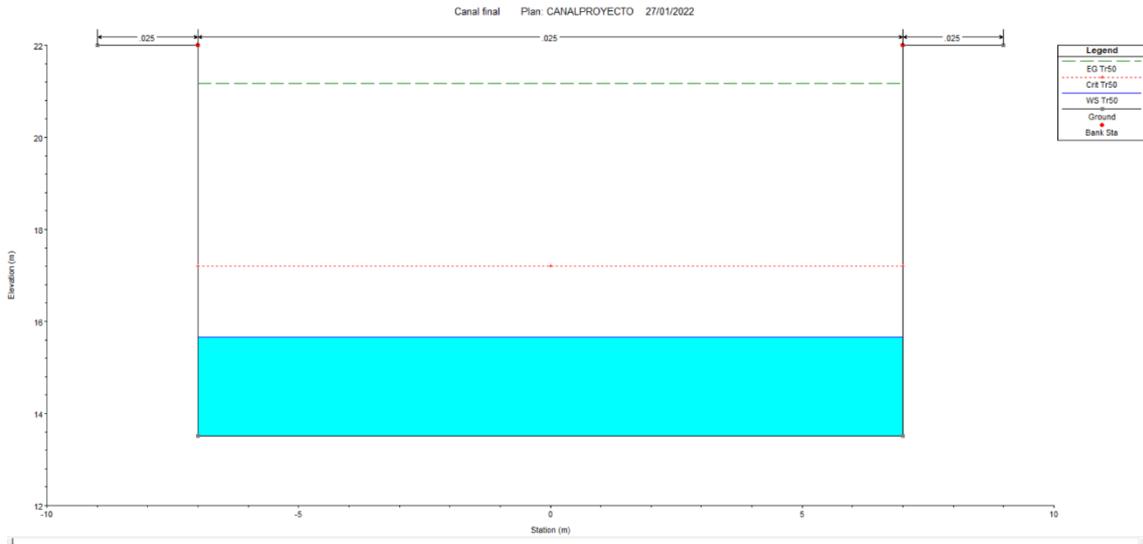
Sección desembocadura canal

Correspondería a la desembocadura en el Río Júcar del caudal circulante por el canal diseñado, en el PK 1+079. En esta zona aumentaríamos la anchura del canal de los 8 m correspondientes al resto de secciones del canal a 14 m, además de usar escollera; estos dos cambios del diseño se realizan para reducir la velocidad de entrada, adecuar la desembocadura a la zona y asegurar un correcto funcionamiento hidráulico. La cota de solera sería de 13.50 y la altura de cajero se reducirá hasta los 8.5 m .

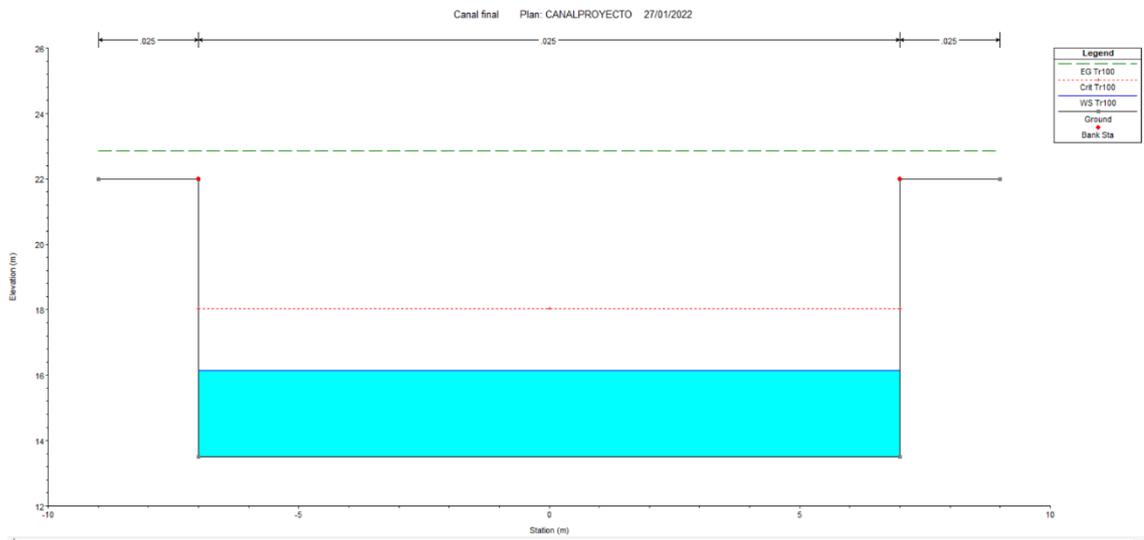
TR25



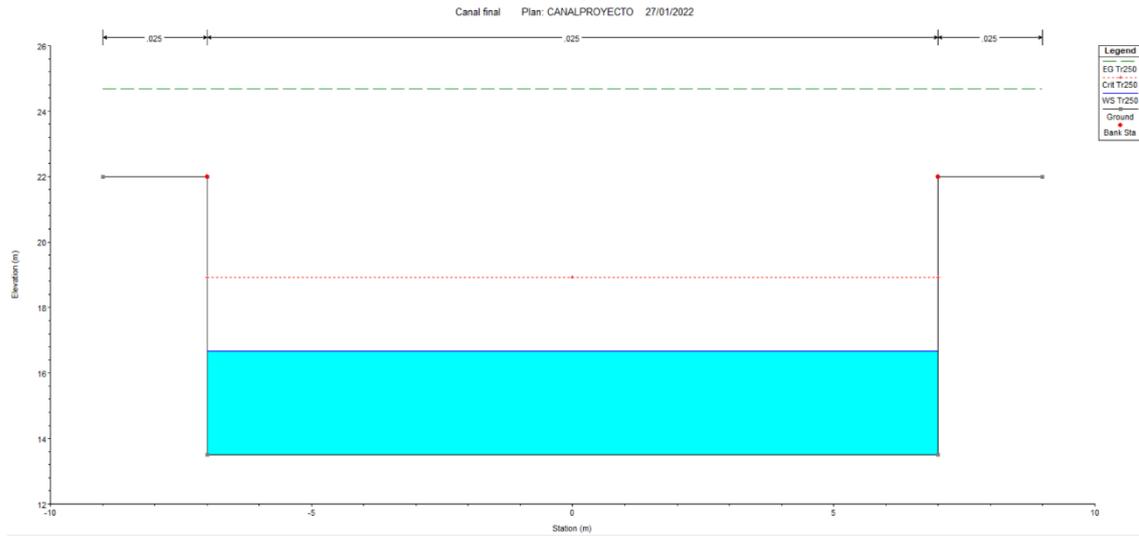
TR50



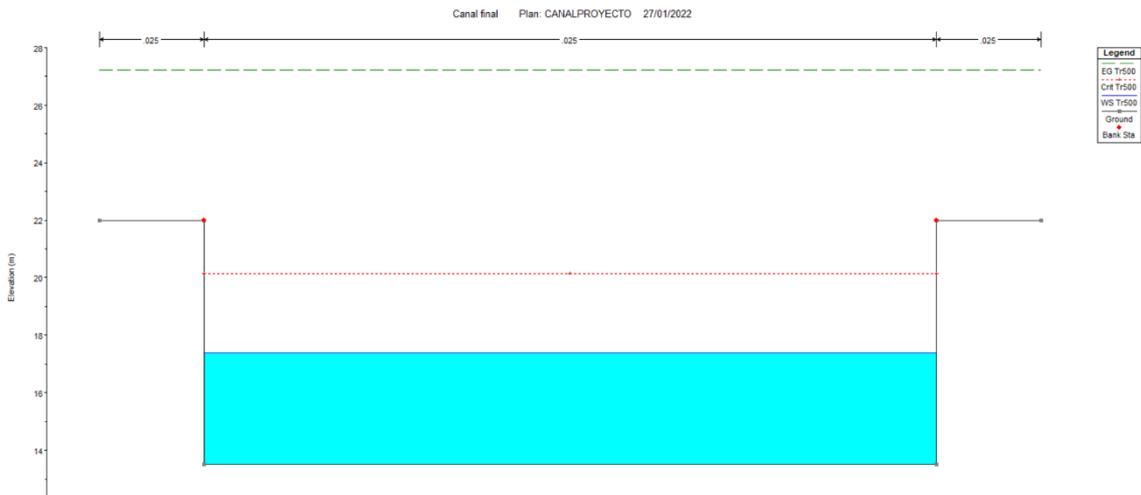
TR100



TR250



TR500



6.4 Presentación de resultados.

Los resultados de los cálculos realizados se presentan mediante tablas y figuras extraídas del programa Hec Ras, que se describen a continuación.

Por medio de tablas se presenta la evolución sección a sección y las variables geométricas e hidráulicas de mayor interés. A continuación se describe la nomenclatura de las variables extraídas directamente del Hec Ras, tal y como en el programa se designan:

- *River Sta*: Identificación de la sección transversal considerada.
- *Q Total*: Caudal total circulante (m^3/s).
- *Min Ch El*: Cota mínima de la sección transversal (m).
- *W.S. Elev*: Cota de la lámina de agua (m).
- *Crit W.S.*: Cota del calado crítico (m).
- *E.G. Elev*: Cota de línea de energía en la sección transversal (m).
- *E.G. Slope*: Gradiente de la línea de energía en la sección transversal.
- *Vel Chnl*: Velocidad del caudal circulante por el cauce principal (m/s).
- *Flow area*: Superficie efectiva del flujo (m^2).
- *Top Width*: Ancho de la superficie libre (m).
- *Froude # Chl*: Número de Froude del flujo circulante por el cauce.
- *Shear Total*: Esfuerzo cortante total en la sección (N/m^2)
- *Hydr Radius*: Radio hidráulico (m).

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude #
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
tramo 1	50	Tr25	220.49	18.72	22.98	22.98	25.11	0.003595	6.48	34.05	8.00	1.00
tramo 1	50	Tr50	313.65	18.72	24.10	24.10	26.81	0.003945	7.28	43.06	8.00	1.00
tramo 1	50	Tr100	424.12	18.72	25.30	25.30	28.61	0.004333	8.06	52.64	8.00	1.00
tramo 1	50	Tr250	554.03	18.72	26.58	26.58	30.54	0.004758	8.81	62.90	8.00	1.00
tramo 1	50	Tr500	753.48	18.72	28.83	28.39	33.26	0.004795	9.31	80.89	8.00	0.94
tramo 1	47.727*	Tr25	220.49	18.47	22.47	22.73	24.89	0.004253	6.90	31.96	8.00	1.10
tramo 1	47.727*	Tr50	313.65	18.47	23.62	23.85	26.58	0.004431	7.62	41.16	8.00	1.07
tramo 1	47.727*	Tr100	424.12	18.47	24.86	25.05	28.37	0.004666	8.30	51.11	8.00	1.05
tramo 1	47.727*	Tr250	554.03	18.47	26.24	26.33	30.29	0.004899	8.91	62.15	8.00	1.02
tramo 1	47.727*	Tr500	753.48	18.47	28.62	28.14	33.01	0.004757	9.28	81.16	8.00	0.93
tramo 1	45.455*	Tr25	220.49	18.22	22.13	22.48	24.67	0.004503	7.05	31.28	8.00	1.14
tramo 1	45.455*	Tr50	313.65	18.22	23.28	23.61	26.35	0.004626	7.75	40.48	8.00	1.10
tramo 1	45.455*	Tr100	424.12	18.22	24.69	24.80	28.12	0.004521	8.19	51.75	8.00	1.03
tramo 1	45.455*	Tr250	554.03	18.22	26.01	26.09	30.04	0.004868	8.89	62.31	8.00	1.02
tramo 1	45.455*	Tr500	753.48	18.22	28.41	27.90	32.77	0.004713	9.25	81.48	8.00	0.93
tramo 1	43.182*	Tr25	220.49	17.97	21.83	22.23	24.43	0.004667	7.14	30.87	8.00	1.16
tramo 1	43.182*	Tr50	313.65	17.97	22.98	23.36	26.11	0.004759	7.83	40.04	8.00	1.12
tramo 1	43.182*	Tr100	424.12	17.97	24.56	24.56	27.86	0.004333	8.06	52.64	8.00	1.00
tramo 1	43.182*	Tr250	554.03	17.97	25.93	25.84	29.79	0.004619	8.70	63.67	8.00	0.99
tramo 1	43.182*	Tr500	753.48	17.97	28.21	27.65	32.53	0.004662	9.21	81.85	8.00	0.92
tramo 1	40.909*	Tr25	220.49	17.73	21.55	21.98	24.20	0.004777	7.20	30.60	8.00	1.18
tramo 1	40.909*	Tr50	313.65	17.73	22.70	23.11	25.87	0.004849	7.89	39.75	8.00	1.13
tramo 1	40.909*	Tr100	424.12	17.73	24.11	24.31	27.63	0.004669	8.30	51.10	8.00	1.05
tramo 1	40.909*	Tr250	554.03	17.73	25.76	25.59	29.55	0.004519	8.62	64.24	8.00	0.97
tramo 1	40.909*	Tr500	753.48	17.73	28.01	27.40	32.29	0.004609	9.16	82.25	8.00	0.91
tramo 1	38.636*	Tr25	220.49	17.48	21.28	21.74	23.96	0.004855	7.25	30.42	8.00	1.19
tramo 1	38.636*	Tr50	313.65	17.48	22.42	22.86	25.63	0.004914	7.93	39.55	8.00	1.14
tramo 1	38.636*	Tr100	424.12	17.48	23.95	24.06	27.37	0.004526	8.20	51.73	8.00	1.03
tramo 1	38.636*	Tr250	554.03	17.48	25.59	25.34	29.31	0.004409	8.54	64.89	8.00	0.96
tramo 1	38.636*	Tr500	753.48	17.48	27.81	27.15	32.05	0.004552	9.11	82.68	8.00	0.91
tramo 1	36.364*	Tr25	220.49	17.23	21.02	21.49	23.72	0.004915	7.28	30.28	8.00	1.20
tramo 1	36.364*	Tr50	313.65	17.23	22.15	22.61	25.39	0.004966	7.96	39.39	8.00	1.15
tramo 1	36.364*	Tr100	424.12	17.23	23.84	23.81	27.12	0.004280	8.02	52.90	8.00	1.00
tramo 1	36.364*	Tr250	554.03	17.23	25.44	25.09	29.07	0.004288	8.44	65.63	8.00	0.94
tramo 1	36.364*	Tr500	753.48	17.23	27.63	26.90	31.81	0.004489	9.06	83.17	8.00	0.90

tramo 1	34.091*	Tr25	220.49	16.98	20.76	21.24	23.48	0.004960	7.31	30.18	8.00	1.20
tramo 1	34.091*	Tr50	313.65	16.98	21.90	22.37	25.14	0.004978	7.97	39.35	8.00	1.15
tramo 1	34.091*	Tr100	424.12	16.98	23.72	23.56	26.88	0.004080	7.87	53.92	8.00	0.97
tramo 1	34.091*	Tr250	554.03	16.98	25.29	24.85	28.83	0.004160	8.34	66.45	8.00	0.92
tramo 1	34.091*	Tr500	753.48	16.98	27.45	26.65	31.58	0.004422	9.00	83.70	8.00	0.89
tramo 1	31.818*	Tr25	220.49	16.74	20.50	20.99	23.23	0.004996	7.33	30.10	8.00	1.21
tramo 1	31.818*	Tr50	313.65	16.74	21.65	22.12	24.89	0.004991	7.98	39.31	8.00	1.15
tramo 1	31.818*	Tr100	424.12	16.74	23.62	23.32	26.64	0.003873	7.70	55.06	8.00	0.94
tramo 1	31.818*	Tr250	554.03	16.74	25.15	24.60	28.60	0.004026	8.23	67.35	8.00	0.91
tramo 1	31.818*	Tr500	753.48	16.74	27.27	26.41	31.35	0.004351	8.94	84.27	8.00	0.88
tramo 1	29.545*	Tr25	220.49	16.49	20.24	20.74	22.99	0.005028	7.34	30.02	8.00	1.21
tramo 1	29.545*	Tr50	313.65	16.49	21.39	21.87	24.65	0.005004	7.99	39.27	8.00	1.15
tramo 1	29.545*	Tr100	424.12	16.49	23.52	23.07	26.42	0.003664	7.53	56.31	8.00	0.91
tramo 1	29.545*	Tr250	554.03	16.49	25.03	24.35	28.38	0.003886	8.11	68.34	8.00	0.89
tramo 1	29.545*	Tr500	753.48	16.49	27.10	26.15	31.12	0.004274	8.87	84.91	8.00	0.87
tramo 1	27.273*	Tr25	220.49	16.24	19.99	20.49	22.74	0.005020	7.34	30.04	8.00	1.21
tramo 1	27.273*	Tr50	313.65	16.24	21.15	21.62	24.40	0.004997	7.98	39.29	8.00	1.15
tramo 1	27.273*	Tr100	424.12	16.24	23.44	22.82	26.20	0.003462	7.36	57.61	8.00	0.88
tramo 1	27.273*	Tr250	554.03	16.24	24.91	24.10	28.16	0.003746	7.98	69.39	8.00	0.87
tramo 1	27.273*	Tr500	753.48	16.24	26.94	25.91	30.89	0.004195	8.80	85.59	8.00	0.86
tramo 1	25.000*	Tr25	220.49	15.99	19.75	20.25	22.49	0.005016	7.34	30.05	8.00	1.21
tramo 1	25.000*	Tr50	313.65	15.99	22.01	21.37	24.17	0.002959	6.51	48.20	8.00	0.85
tramo 1	25.000*	Tr100	424.12	15.99	23.36	22.57	26.00	0.003267	7.19	58.97	8.00	0.85
tramo 1	25.000*	Tr250	554.03	15.99	24.80	23.85	27.95	0.003606	7.86	70.49	8.00	0.85
tramo 1	25.000*	Tr500	753.48	15.99	26.78	25.66	30.66	0.004113	8.73	86.30	8.00	0.85
tramo 1	23		Bridge									
tramo 1	22.727*	Tr25	220.49	15.74	20.00	20.00	22.14	0.003595	6.48	34.05	8.00	1.00
tramo 1	22.727*	Tr50	313.65	15.74	21.12	21.12	23.83	0.003945	7.28	43.06	8.00	1.00
tramo 1	22.727*	Tr100	424.12	15.74	22.32	22.32	25.63	0.004333	8.06	52.64	8.00	1.00
tramo 1	22.727*	Tr250	554.03	15.74	23.60	23.60	27.56	0.004758	8.81	62.90	8.00	1.00
tramo 1	22.727*	Tr500	753.48	15.74	25.76	25.41	30.27	0.004903	9.40	80.14	8.00	0.95
tramo 1	20.455*	Tr25	220.49	15.49	19.49	19.75	21.92	0.004255	6.90	31.95	8.00	1.10
tramo 1	20.455*	Tr50	313.65	15.49	20.64	20.88	23.60	0.004434	7.62	41.15	8.00	1.07
tramo 1	20.455*	Tr100	424.12	15.49	21.88	22.07	25.39	0.004668	8.30	51.10	8.00	1.05

7. Procedimiento de construcción

Entre los trabajos previos debemos destacar:

- *La localización de todos los servicios necesarios para la construcción y logística del canal*

Directrices generales a seguir durante la construcción del canal:

1. *Se iniciará la construcción con la limpieza del cauce y de las áreas periféricas donde se ubicará el canal en lámina libre. Además de un estudio previo del suelo para especificar el tipo de composición del mismo, ya que ello condiciona el tipo de revestimiento y maquinaria a usar entre otras.*
2. *En paralelo, se iniciará el trámite para la adquisición de materiales para la construcción del mismo. Teniendo en cuenta el transporte de los materiales a emplear hasta la zona de construcción del canal.*
3. *Se deberá consolidar terraplenes con las medidas necesarias para impedir acciones de deslizamiento. Para ello podemos optar por la colocación de escollera a pie de talud, reperfilado y con sistemas de drenaje.*
4. *En cuanto a la logística de la actuación, se tendrá en cuenta la posible desviación de la circulación hacia la carretera más cercana. A este apartado le dedicaremos especial atención posteriormente.*
5. *Selección bajo plano de la zona que recorre el canal.*
6. *Trabajos de construcción del mismo, seguido de la aplicación del revestimiento del hormigón. Saneamiento de la zona donde irá colocada la caja del canal*
7. *Retirada de los materiales sobrantes que no sirvan como soporte del canal.*
8. *Nivelación y refino de taludes y solera*
9. *Colocación de materiales para la protección de la lámina que se encuentra en contacto con el terreno.*
10. *Colocación de polietileno de alta densidad para el anclaje con las zanjas hormigonadas en la parte de la cabeza del canal.*
11. *Colocación transversal del canal mediante un sistema de doble cordón de soldadura.*
12. *Comprobación de su estanqueidad con presión de aire*
13. *Colocación de geotextil para a protección del contacto con el terreno*
14. *Revestimiento de hormigón*
15. *Realización de juntas de contracción longitudinales y vaciado rápido el agua confinada entre la lámina de polietileno y el revestimiento de hormigón.*

16. Realización de juntas de dilatación cada X centímetros

17. Drenajes longitudinales en la base del canal

Debemos valorar cómo reponer los elementos retirados para la obra: tale como aceras, caminos, instalaciones de gas y electricidad, telefonía, saneamiento e incluso sistemas de riego.

7.1 Desvíos.

Mientras estemos trabajando en la CV-572 deberemos desviar el tráfico rodado, por ello en la rotonda que une la CV-572 con la CV-50, la llamada "Rotonda del Bingo" cortaremos la entrada a la CV-572 desde dicha rotonda y redirigiremos el tráfico por la CV-41, para luego redirigir al tráfico rodado que se dirija a Carcaixent o a las zona agrarias cercanas a la zona de estudio.

Para el tráfico rodado que se dirija a la dirección contraria desviaremos el tráfico por la CV-571 para que puedan llegar al Municipio de Alzira.

Imagen con el desvío del tráfico cuando fuese necesario cortar el puente de la CV-571:



Mientras trabajemos en el puente de la CV-41, el cual deberá ser demolido para la construcción del canal para la posterior construcción a más altura a modo de evitar problemas con la seguridad durante las inundaciones más problemáticas.

Durante esta parte de la obra redirigiremos el tráfico por la CV-571, para su posterior entrada al municipio de Alzira por la CV-572, siguiendo las mismas indicaciones para el tráfico rodado que realice el camino en sentido contrario (Alzira Carcaixent).

Imagen del desvío del tráfico cuando se deba cortar el puente de la CV-41:



7.3 Acopios

El acopio de materiales, maquinaria y casetas lo realizaremos en el descampado que se encuentra en el barranco de L'Estret, al lado de la CV-572, por su fácil acceso, tanto para el tramo 1 del canal como para el tramo 2 (de manera que se facilite el acceso a la maquinaria pesada necesaria para la realización del canal); así como su gran espacio.



8. Presupuesto

Realizaremos un presupuesto aproximado calculando las partidas más importantes y distribuyendo los costes por tramos.

	<u>Tramo 1</u>	<u>Tramo 2</u>
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	622.873€	476.258€
GASTOS GENERALES 13%	80.973€	61.913€
BENEFICIO INDUSTRIAL 6%	37.372 €	28.575€
PRESUPUESTO DE EJECUCION POR CONTRATA	741.219€	566.747€
IVA 21%	155.656€	119.016€
PRESUPUESTO TOTAL	896.875€	685.764€
<u>TOTAL</u>	<u>1.582.639€</u>	

9. Referencias bibliográficas

- Ajuntament de València. (2016). *Normativa para obras de saneamiento y drenaje urbano de la ciudad de Valencia*. 78–230. <https://www.ciclointegraldelagua.com/castellano/normativa-documentacion.php>
- Angelakis, A. N., & Zheng, X. Y. (2015). Evolution of Water Supply, Sanitation, Wastewater, and Stormwater Technologies Globally. *Water*, 7, 455–463. <https://doi.org/10.3390/w7020455>
- Ayuntamiento de Alzira. (2019). *Pla Territorial Municipal davant d' Emergències d' Alzira*.
- De Feo, G., Laureano, P., Drusiani, R., & Angelakis, A. N. (2010). Water and wastewater management technologies through the centuries. *IWA Publishing*. <https://doi.org/10.2166/ws.2010.102>
- de la Fuente, L., Perales, S., Rico, M., Andrés, I., & Marco, J. B. (2021). *Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València*. https://ciclointegraldelagua.com/files/normativa/Guia_Basica_para_el_Diseño_de_Sistemas_Urbanos_de_Drenaje_Sostenible_en_la_Ciudad_de_Valencia_V01.pdf
- Direcció General d'Ordenació del Territori Urbanisme i Paisatge. (2015). *Direcció general d'ordenació del territori, urbanisme i paisatge*.
- Jefatura del Estado. (2001). Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional. *BOE Núm. 161*, 1–44.
- Ministerio de la Presidencia. (2010). Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación. *Boletín Oficial Del Estado Núm. 171*, 171, de 15 de julio, 61954–61967. <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2010-11184>
- <https://ceh.cedex.es/chac/>
- Ministerio de la Presidencia. (2016). Real Decreto 18/2016, de 15 de enero, por el que se aprueban los Planes de gestión del riesgo de inundación de las demarcaciones hidrográficas del Guadalquivir, Segura, Júcar y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Miño-Sil, Duero, T. *Boletín Oficial Del Estado*, 26798–26800.
- “Proyecto de las obras de captación de los barrancos De Respirall, Fosc, García maría y del camino de la Arena. T.m. de alzira (valencia)” de Vicent Bertolin Peiró.
- <https://www.probabilidadyestadistica.net/coeficiente-de-correlacion-de-pearson/>

- Ministerio de Medio Ambiente. (2001). Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. *Boletín Oficial Del Estado*, 1–60. www.boe.es/buscar/pdf/2011/BOE-A-2011-17887-consolidado.pdf
- Ministerio de Medio Ambiente. (2007). Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica. *BOE Núm. 162*, 1–53.
 - <https://itec.cat/banc/default.aspx?IdFie=2362&IdAnalytics=1955127&TipusAnalitics=Entitat&Ori=V&text=>
- Starzec, M., & Dziopak, J. (2020). A Case Study of the Retention Efficiency of a Traditional and Innovative Drainage System. *Resources*, 9(108).
 - <https://www.hidrojing.com/el-calculo-de-caudal-de-avenida-en-espanametodo-racional-vs-temez-racional-modificado/>
 - <https://www.avamet.org/>
- Starzec, M., Dziopak, J., & Slys, D. (2020). An Analysis of Stormwater Management Variants in Urban Catchments. *Resources*, 9(19), 1–17.
 - <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos>.
 - <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/catalogo.do?Serie=SIOSE>
 - Centro nacional de información geográfica
 - <https://www.levante-emv.com/ribera/2021/12/31/valle-casella-lidera-nuevo-registro-61156344.html>
- “Recomendaciones para el cálculo hidrometeorológico de avenidas” Ferrer Polo, J.
- “Determinación de los niveles máximos admisibles en el río Júcar para la realización de actuaciones en los barrancos de Barcheta y Casella”, 2002. CEDEX.
- Sistema de Información Geográfica, concretamente el SIG ARC. Arc View, con las extensiones 3D Analyst y Spatial Analyst. Además, se ha empleado la extensión HEC-GeoHMS versión 1.1. de diciembre de 2003. Otras extensiones útiles como GridTools.
- Instrucción 5.2.- IC. (1990).
- <https://icv.gva.es/va/>
- <https://rubenfcasal.github.io/simbook/gof.html>
- <https://www.levante-emv.com/ribera/2020/08/15/alzira-desafia-historia-18-riadas-11168316.html>
- “Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas” editado por el CEDEX (Centro de Experimentación y Obras Públicas, dependiente del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente
- “Generación automática del número de curva con Sistemas de Información Geográfica” (Ferrer, M., Rodríguez, J. y Estrela, T.).

- Cuadro de precios y condiciones técnicas CICCPC Comunidad Valenciana 2016
-
- “Hidráulica de canales abiertos” de Ven Te Chow
- *Consideraciones a tener en cuenta al diseñar canale abiertos, Sotelo Avila, 2002.*
- http://www.alzira.es/alzira_vpm/index.php/val/

Anexo al Trabajo Fin de Grado/Máster

Relación del TFG/TFM “Diseño hidráulico de un canal de evacuación de aguas pluviales en el término municipal de Alzira (Valencia)” con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1. Fin de la pobreza.				-----
ODS 2. Hambre cero.				-----
ODS 3. Salud y bienestar.		-----		
ODS 4. Educación de calidad.				-----
ODS 5. Igualdad de género.				-----
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.			-----	
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.				-----
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.			-----	
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.		-----		
ODS 10. Reducción de las desigualdades.				-----
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.		-----		
ODS 12. Producción y consumo responsables.				-----
ODS 13. Acción por el clima.	-----			
ODS 14. Vida submarina.				-----
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.			-----	
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.				-----

ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.				-----
---	--	--	--	-------

Descripción de la alineación del TFG/M con los ODS con un grado de relación más alto.

Mi trabajo final de grado “Diseño hidráulico de un canal de evacuación de aguas pluviales en el término municipal de Alzira (Valencia)” esta relacionado en mayor grado con el ODS 13. El TFG consiste en un canal de evacuación de las aguas durante las lluvias intensas, que puedan crear inundaciones que pongan el riesgo el municipio de Alzira y alrededores, a modo de evitar daños materiales y personales, ya que debido al cambio climático cada vez se producen inundaciones en la zona de estudio con mas frecuencia e intensidad.

Rúbrica Incorporación ODS en Trabajo Fin de Grado/Máster

Relación del TFG/TFM “ Diseño hidráulico de un canal de evacuación de aguas pluviales en el término municipal de Alzira (Valencia) ” con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

El tutor debe valorar la relación e incorporación de los ODS en el TFT en dos alcances:

POTENCIAL DEL TFT: Valoración del grado de relación potencial del TFT con los ODS en 4 niveles: **No procede=0, Bajo=1, Medio=2 y Alto=3.**

ASIGNADO AL ESTUDIANTE: Como tutor valora el grado de consecución de integración de los ODS que el estudiante ha conseguido durante la realización del TFT en 4 niveles (A, B, C, D). En el caso de que algunos de los ODS no apliquen a este TFT, se debe asignar al estudiante “NP”.

Escala de valoración ODS	Asignado*
A	Excelente/ejemplar
B	Bien/adecuado
C	En desarrollo
D	No alcanzado
NP	No procede

Ejes de los ODS	Potencial	Asignado
Personas		
ODS #1 Fin de la pobreza	0	NP

ODS #2 Hambre cero	0	NP
ODS #3 Salud y bienestar	3	A
ODS #4 Educación de calidad	0	NP
ODS #5 Igualdad de género	0	NP
Planeta		
ODS #6 Agua limpia y saneamiento	3	B
ODS #12 Producción y consumo responsable	1	A
ODS #13 Acción por el clima	2	A
ODS #14 Vida submarina	0	NP
ODS #15 Vida de ecosistemas terrestres	1	B
Prosperidad		
ODS #7 Energía asequible y no contaminante	0	NP
ODS #8 Trabajo decente y crecimiento económico	0	NP
ODS #9 Industria, innovación e infraestructura	1	A
ODS #10 Reducción de las desigualdades	0	NP
ODS #11 Ciudades y comunidades sostenibles	2	A
Paz		
ODS #16 Paz, justicia e instituciones sólidas	0	NP
Alianzas		
ODS #17 Alianzas para lograr los ODS	0	NP

*NOTA: Un TFT puede tener un grado de relación potencial con un ODS bajo (1) o medio (2), pero el estudiante haberlo desarrollado de forma excelente y por tanto tendrá un valor asignado A. Por el contrario, un TFT puede tener un grado de relación potencial con un ODS alto (3), pero el estudiante no haberlo desarrollado de forma adecuada y por tanto tendrá un valor asignado C o D.