

**ESTUDIO HIDROLÓGICO HIDRÁULICO PARA EL
ANÁLISIS DE AVENIDAS EN EL SECTOR ATU-RI-O-
R.10 "SALYT", T.M. DE MÁLAGA)**

Consultor:
CUE GESTIÓN DE PROYECTOS S.L.
CIF: B90223587

Redactor del Estudio:
D. JUAN MALDONADO RUIZ
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Coordinador del Estudio:
D. JOSE AGUILERA NOGALES
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Díaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	1/24
Uri De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		



INDICE

1.	MARCO DE REFERENCIA INTEGRAL DEL SECTOR "SALYT": PLANIFICACIÓN, MEDIO AMBIENTE E HIDROLOGÍA.....	3
1.1.	PLAN DE REFORMA INTERIOR DEL SECTOR A TU-RIO-R-10 "SALYT".....	3
1.2.	EVALUACIÓN AMBIENTAL: CONSIDERACIONES EN MATERIA DE AGUAS Y DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO.....	3
1.3.	RECOMENDACIONES Y EVALUACIÓN EMASA (DICIEMBRE 2022).....	4
1.4.	PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE MÁLAGA.....	4
1.5.	ANÁLISIS TOPOGRÁFICO Y MAPEO DE CAUCES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	5
1.6.	SÍNTESIS Y CONCLUSIONES.....	5
2.	OBJETO DEL ESTUDIO.....	6
3.	ÁMBITO DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	6
3.1.	ÁMBITO GEOGRÁFICO.....	6
3.2.	ÁMBITO OROGRÁFICO.....	6
3.3.	ÁMBITO HIDROGRÁFICO.....	7
4.	ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA VERTIENTE.....	11
4.1.	DATOS DE PARTIDA Y SOFTWARE EMPLEADO.....	11
4.2.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE HEC-HMS.....	11
4.3.	DELIMITACIÓN DE LA CUENCA DE ESTUDIO.....	12
4.4.	CARACTERIZACIÓN PLUVIOMÉTRICA.....	12
4.5.	MODELADO DE LA INFILTRACIÓN.....	13
4.6.	MODELADO DE PROPAGACIÓN.....	15
4.7.	MODELIZACIÓN DE LA CUENCA.....	16
4.8.	RESULTADOS.....	16
5.	ESTUDIO HIDRÁULICO.....	17
5.1.	MODELIZACIÓN HIDRÁULICA. IBER 2.6.....	17
5.2.	GEOMETRÍA Y MÉTODO UTILIZADO.....	19
5.3.	CONDICIONES DEL MODELO Y RUGOSIDAD.....	19
5.4.	MALLADO.....	20
5.5.	OBRAS DE PASO.....	20
5.6.	DATOS DEL PROGRAMA DE CÁLCULO.....	21
5.7.	CONJUNTO DE SIMULACIONES.....	21
5.8.	RESULTADOS.....	21
6.	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO.....	22
7.	DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO.....	23
8.	PROPUESTA TÉCNICA DE DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO.....	24

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfwRw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Díaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	2/24
Uri De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfwRw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		



1. MARCO DE REFERENCIA INTEGRAL DEL SECTOR "SALYT": PLANIFICACIÓN, MEDIO AMBIENTE E HIDROLOGÍA.

1.1. PLAN DE REFORMA INTERIOR DEL SECTOR ATU-RI-O-R.10 "SALYT".

Actualmente se encuentra en tramitación el *Plan de Reforma Interior* del sector ATU-RI-O-R.10 "SALYT", en el término municipal de Málaga. Su objeto es desarrollar una actuación de transformación urbana que posibilite la implantación de una gran superficie comercial minorista en la Avenida Valle-Inclán, número 22, de dicha ciudad.

La intervención afecta a los terrenos donde se ubicaba la antigua fábrica *Tejar de Salyt*, actualmente inactiva. Dichos terrenos, clasificados en la actualidad como suelo urbano consolidado de uso industrial, pasarán a la categoría de suelo urbano consolidado con un uso pormenorizado de Gran Superficie Minorista.

El ámbito de actuación se sitúa en el noroeste del municipio, dentro del distrito Bailén-Miraflores de Málaga, con la finalidad de ordenar y desarrollar el entorno conforme a las nuevas necesidades derivadas de su vocación comercial.

Dado que el *Plan de Reforma Interior* del sector ATU-RI-O-R.10 "SALYT" se encuadra dentro de los supuestos recogidos en el artículo 40.4.b) de la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, ha sido sometido al trámite de Evaluación Ambiental Estratégica Simplificada.

Como resultado de dicho procedimiento, se ha emitido el **Informe Ambiental Estratégico relativo al "Plan de Reforma Interior del sector ATU-RI-O-R.10 "SALYT"**, formulado por el Ayuntamiento de Málaga (Expte. EA/MA/20/23). Dicho informe fue publicado mediante **Anuncio de 22 de diciembre de 2023** de la Delegación Territorial de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul en Málaga, en el *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía* (BOJA nº 248, de fecha 29 de diciembre de 2023).

1.2. EVALUACIÓN AMBIENTAL: CONSIDERACIONES EN MATERIA DE AGUAS Y DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO.

Una vez emitido el **Informe Ambiental Estratégico relativo al "Plan de Reforma Interior del ATU-RI-O-R.10 "SALYT"**, cabe destacar las siguientes consideraciones:

"4.2.- Consideraciones en materia de aguas y dominio público hidráulico.

[...] La zona de estudio se localiza en la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.

En concreto se encuentra determinado por las características de la Cuenca del Guadalhorce.

Masas de aguas superficiales.

Consultadas las ortofotografías históricas a partir del año 1956, en el sector objeto de estudio se identifica en su zona central, discurrendo aproximadamente de norte a sur, el cauce antiguo denominado Arroyo del Cuarto.

A su vez, el trazado de este cauce se encuentra recogido en la cartografía del estudio hidráulico del Plan general de Ordenación Urbana de Málaga del año 2010. A partir de esta información del año 1956, se distingue que en el perímetro del actual sector ya existía una edificación sobre el cauce, desconociendo el tipo de canalización o desvío que se hiciera del cauce.

De los planos que se aportan de zonificación se recoge una traza canalizada del cauce bajo el viario proyectado desconociendo si mantiene la traza del desvío actual.

Revisada el resto de la documentación que aportan con el DAE, encontramos dentro del documento denominado "Información Previa recibida de EMASA, Diciembre 2022", un plano y descripción del trazado del cauce, y su desvío hacia el viario proyectado. El Plano se denomina "Redes de Saneamiento y Drenaje propuestas vaguada Salyt".

Se indica en el documento ambiental que este cauce del Arroyo Antigo del Cuarto es inexistente, pues ha sido trasvasado hacia el Arroyo de los Angeles en su cabecera, por encima del sector. Este hecho no responde jurídicamente a la situación que se ha generado por la existencia del dominio público hidráulico, ya que no se ha producido la desafectación del terreno por el que discurría el cauce original. Es por ello que es necesario que se siga considerando como cauce de dominio público hidráulico a pesar de su antropización.

En los planos que se aportan no se recoge la situación actual del cauce, y tampoco se incluye la delimitación del dominio público hidráulico probable, ni de su zona de servidumbre ni de su zona de policía, ni la situación de la zona inundable, ya que no se tienen datos concretos.

Los planes con incidencia territorial, los instrumentos de planeamiento urbanístico y los actos de las Entidades Locales, en su ámbito territorial, incorporarán el deslinde del dominio público hidráulico que tenga efectuado la Administración Hidráulica, la delimitación técnica de la línea de deslinde y la delimitación de las zonas de servidumbre y policía. En el supuesto de que la Administración Hidráulica no dispusiera de la delimitación del dominio público hidráulico y de sus zonas de protección, los planes con incidencia territorial, el planeamiento urbanístico y los actos de las Entidades Locales, dentro de su ámbito territorial, incluirán un estudio hidroológico hidráulico para su determinación.

El estudio hidroológico e hidráulico deberá ser supervisado por la Administración Hidráulica Andaluza en cuanto a sus hipótesis de partida y métodos de cálculo. Para ello, junto al estudio se remitirá la cartografía utilizada y las entradas y salidas del programa hidráulico

en formato digital. Dicha supervisión no supone, salvo señalamiento expreso, aceptación por parte de la misma en cuanto a sus resultados. [...]

Las infraestructuras de canalización se diseñarán de forma que no afecten al dominio público hidráulico y evacuen, al menos, la avenida de 500 años de periodo de retorno.

Las infraestructuras en cauces deberán ser calculadas y diseñadas atendiendo a las siguientes condiciones:

a) Deberán ser dimensionadas de forma que se garantice la evacuación del caudal correspondiente a la avenida de los 500 años de periodo de retorno.

b) Las estructuras deberán tener unas dimensiones mínimas que permitan el acceso de personal para labores de conservación y mantenimiento.

Recordar que, todas las obras a ejecutar sobre el dominio público hidráulico, en zona de servidumbre y en zona de policía, deben ser autorizadas o informadas previamente a su ejecución por esta Administración Hidráulica Andaluza, para que puedan ser examinadas en detalle la compatibilidad de las actuaciones con la protección del Dominio Público Hidráulico, [...]

INFORME AMBIENTAL ESTRATÉGICO

Se considera que el "Plan de Reforma Interior del ATU-RI-O-R.10 "SALYT", en el T.M. de Málaga no tendrá efectos significativos sobre el medio ambiente, siempre que se dé cumplimiento al siguiente condicionado y a las medidas preventivas y correctoras propuestas en el Documento Ambiental Estratégico, [...]

Para evitar afectaciones al Dominio Público Hidráulico y para garantizar que se empleen de manera sostenible los recursos hídricos, se atenderá a lo indicado en el apartado 4.2 "Consideraciones en materia de aguas y dominio público hidráulico" del presente Informe Ambiental Estratégico."

Según se desprende el IAE, se destacan los siguientes aspectos:

- **Identificación histórica del cauce:** Las ortofotografías históricas (desde 1956) y la cartografía del Plan General de Ordenación Urbana de Málaga (2010) evidencian la existencia del antiguo cauce denominado "Arroyo del Cuarto", que discurre de norte a sur en el centro del sector de estudio, y muestran que ya en esa época existía una edificación sobre dicho cauce.
- **Evolución y canalización:** Los planos de zonificación revelan una traza canalizada del cauce situada bajo el viario proyectado para el sector objeto de estudio, aunque se desconoce si esta configuración respeta el desvío actual.
- **Situación jurídica del cauce:** A pesar de que el documento ambiental indica que el cauce del "Arroyo Antigo del Cuarto" es inexistente por haberse trasvasado hacia el "Arroyo de los Angeles", legalmente el terreno no ha sido desafectado, lo que implica que debe seguir considerándose como cauce de dominio público hidráulico, aun tras su antropización.

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Diaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	3/24
Url De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		



- **Diseño de infraestructuras:** Las infraestructuras de canalización se proyectarán de modo que no afecten al dominio público hidráulico, garantizando, al menos, la evacuación de una avenida correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

1.3. RECOMENDACIONES Y EVALUACIÓN EMASA (DICIEMBRE 2022).

En el Informe Ambiental Estratégico referido en el apartado anterior, se menciona la documentación presentada junto con el DAE, concretamente la denominada "Información Previa recibida de EMASA, diciembre de 2022". Dicha documentación incluye un plano titulado "Redes de Saneamiento y Drenaje propuestas vaguada Salyt", así como la descripción del trazado del cauce y su desvío hacia el vial proyectado.

Para evaluar con precisión el dimensionamiento del proyecto y tomando como base los resultados del modelado hidrológico e hidráulico —donde se han definido los caudales y las condiciones naturales del arroyo—, resulta imprescindible considerar las recomendaciones emitidas por EMASA. Estas recomendaciones abarcan tanto el ámbito del Arroyo El Cuarto como el área de estudio.

A continuación, se presentan los aspectos más relevantes señalados por EMASA en la información emitida en diciembre de 2022 (que se adjunta como Anexo 1 al presente documento):

"De la Red de Saneamiento y Pluviales:

Actualmente, existe un sistema de saneamiento unitario que evacua el caudal de la barrida por el Arroyo El Cuarto. El trazado actual del arroyo se ve afectado por las obras de urbanización, es necesario proyectar el desvío del arroyo por el vial principal de la urbanización para garantizar las labores de mantenimiento.

El desvío del Arroyo el Cuarto es necesario dimensionarlo para un caudal de 15.86 m³/s en la conexión con el embovedado existente situado junto al vallado del skate park, al sur de la Avenida Valle Inclán. Es necesario la ejecución de un arquetón con tapas practicables para habilitar el acceso de maquinaria pesada para la limpieza del mismo. También será necesario el acondicionamiento del arquetón existente al comienzo del desvío del arroyo situado al norte de la vaguada, así como la instalación de pozos de registro para inspección cada 50 m. Con el objetivo de la separación de redes, es necesario actuar en el ámbito de las obras de ordenación situado entre las calles Padre Martín, Gerardo diego, Victoria Kent, La Argentinita y la Avenida valle Inclán (incluido las vías de servicio). [...]

Arroyo que atraviesa la parcela de Salyt (antiguo A° del Cuarto)

Tal y comenté el otro día en la reunión, en nuestro PGOU aparece como cauce público (delimitando incluso la zona inundable) el A° que atraviesa la parcela de Salyt, que se corresponde con el antiguo cauce del Arroyo del Cuarto, que fue trasvasado aguas arriba de la parcela en cuestión, hacia el Arroyo de los Angeles. [...]

Según he podido contrastar con los compañeros de EMASA, el embovedado existente bajo la parcela de Salyt es, a día de hoy, un colector de aguas mixtas, es decir, de aguas fecales y pluviales." Según se desprende de la información y de los planos emitidos por EMASA, se destacan los siguientes aspectos:

- **Antiguo cauce del Arroyo del Cuarto:** El arroyo que atraviesa la parcela de Salyt corresponde al antiguo cauce del Arroyo del Cuarto, que fue desviado aguas arriba hacia el Arroyo de los Angeles.
- **Uso actual del embovedado:** El embovedado existente bajo la parcela se utiliza actualmente como colector de aguas mixtas.
- **Sistema de recogida en el norte de la parcela:** Según los planos de EMASA, al norte de la parcela hay una arqueta que recoge tanto las aguas pluviales provenientes de la parte superior (mediante un colector HYP-Ø1700 mm) como las aguas fecales de la zona, con un caudal de entrada de 6,25 m³/s, las cuales se canalizan mediante un colector enterrado (SD-Ø1600 mm) que atraviesa la parcela de norte a sur.
- **Dimensionamiento del desvío del arroyo:** El desvío del Arroyo del Cuarto (representado por la línea azul en uno de los planos de EMASA), debe estar dimensionado para un caudal de 15,86 m³/s en el punto de conexión con el embovedado, ubicado junto al vallado del skate park, al sur de la Avenida Valle Inclán.

La imagen siguiente corresponde al plano titulado "Redes de Saneamiento y Drenaje propuestas vaguada Salyt", previamente mencionado e incluido en la documentación remitida por EMASA en diciembre de 2022.

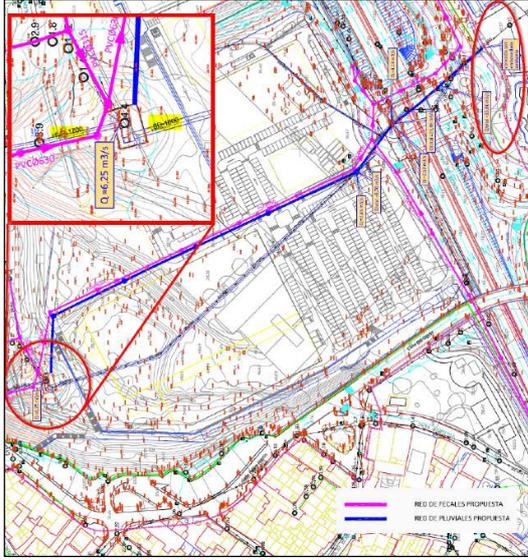


Imagen 1. Red de Pluviales propuesta en el sector ATU-RI-O-R-10 'SALYT', propuesto por EMASA.
Fuente: Informe EMASA (diciembre 2022).

1.4. PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE MÁLAGA.

En relación con las observaciones recogidas tanto en el IAE como en el informe de EMASA, se considera oportuno recopilar la información relevante contenida en el Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de Málaga, aprobado en julio de 2011. Para ello, se han analizado diversos planos incluidos en el documento PLANOS del PGOU.

Dentro del conjunto de planos 1.5 Afecciones y Protecciones, en el subapartado 1.5.2 Hidrología superficial y costas. Dominio público y zonas inundables. Línea marítimo-terrestre, se examina el plano titulado 1.5.2.1 Esquema General de Hidrología Superficial, donde se representan los cauces que atraviesan el municipio. En la imagen siguiente se ha aplicado un acercamiento para visualizar con mayor detalle la zona de estudio, permitiendo identificar el trazado actual del Arroyo del Cuarto, así como su trasvase hacia el Arroyo Los Angeles y el recorrido del Antiguo Arroyo del Cuarto.

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Diaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	4/24
Url De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		



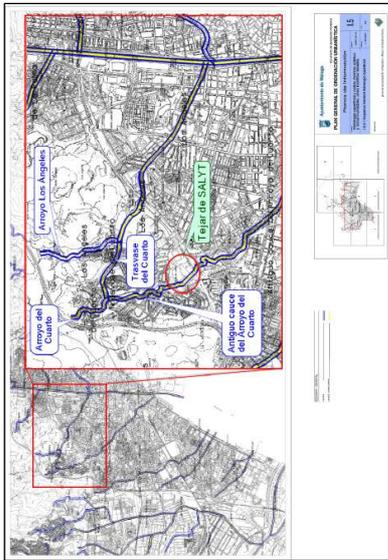


Imagen 2. Esquema General de Hidrología Superficial en la zona de estudio. Fuente: PGOU de Málaga.

Asimismo, dentro del mismo conjunto de planos, se analiza el plano 1.5.2.2 *Planta de Afecciones Propuesta*, en el que se delimita el Dominio Público Hidráulico de los cauces que atraviesan el municipio, así como sus respectivas zonas de servidumbre y de policía. En las dos imágenes siguientes se ha realizado un acercamiento para detallar la zona de estudio, evidenciando nuevamente el trazado actual del Arroyo del Cuarto, el trasvase hacia el Arroyo Los Angeles, el recorrido del Antiguo Arroyo del Cuarto, así como la propuesta para la delimitación de las zonas de Dominio Público Hidráulico, servidumbre y zona de policía de cauces.

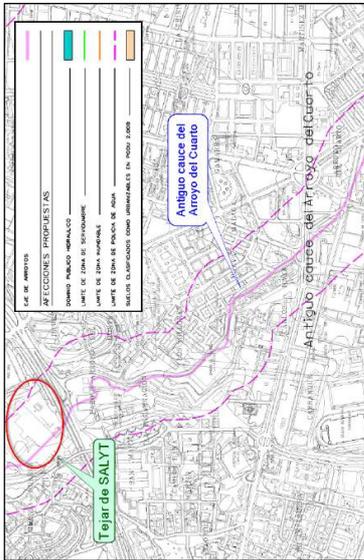
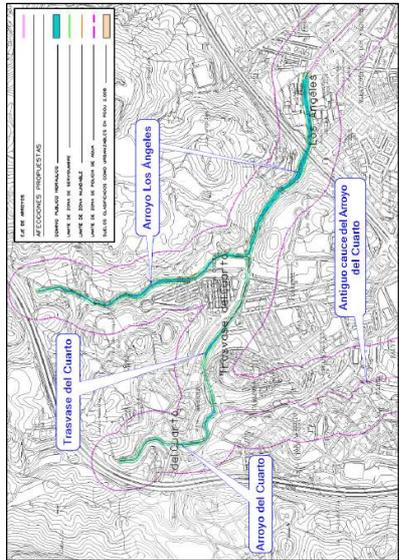


Imagen 3. Planta de Afecciones Propuesta en la zona de estudio. Fuente: PGOU de Málaga.

En cuanto a la información gráfica recopilada en el PGOU de Málaga, cabe destacar que este documento efectivamente define el trasvase del Arroyo del Cuarto al Arroyo Los Angeles en un punto específico, a partir del cual el eje del antiguo cauce del Arroyo del Cuarto continúa aguas abajo, asignándose a dicho eje una zona de policía.

1.5. ANÁLISIS TOPOGRÁFICO Y MAPEO DE CAUCES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

Con el objetivo de disponer de la mayor cantidad de información posible acerca de la disposición de los cauces que atraviesan la zona de estudio y su influencia en la misma, se ha considerado pertinente el análisis del Mapa Topográfico de Andalucía a escala 1:10.000 (año 2013). Este análisis permitirá identificar los cauces representados en el plano dentro del área objeto de estudio y discernir su trazado.

En la imagen siguiente se presenta un extracto ampliado del área de estudio, donde es posible observar el cauce del Arroyo del Cuarto, su trasvase hacia el Arroyo Los Angeles y, aguas abajo de dicho trasvase, el eje del antiguo cauce del Arroyo del Cuarto hasta el punto en el que queda encauzado mediante la correspondiente obra de encauzamiento.

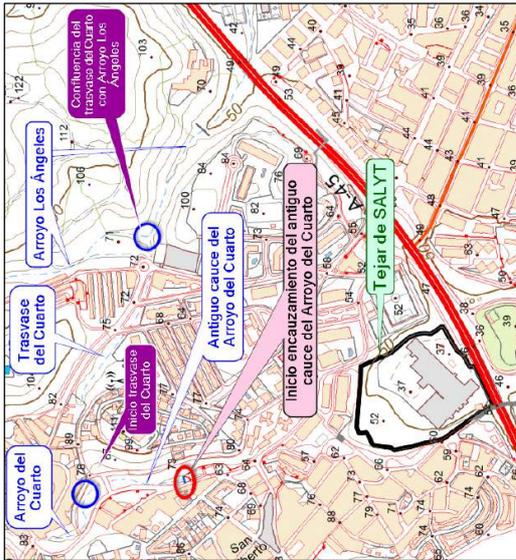


Imagen 4. Hidrología Superficial en la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa Topográfico de Andalucía Escala: 1:10.000.

1.6. SÍNTESIS Y CONCLUSIONES.

El Plan de Reforma Interior del sector ATU-RI-O-R.10 "SALYT", en Málaga, plantea desarrollar una actuación de transformación urbana que posibilite la implantación de una gran superficie comercial minorista en el emplazamiento de la antigua fábrica Tejar Salyt.

El análisis hidrológico y la documentación disponible confirman que el Arroyo del Cuarto fue desviado en un punto determinado de su cauce hacia el Arroyo Los Angeles, mediante lo que se conoce como el "Trasvase del Cuarto". Este desvío se realizó mediante un relleno de tierras dispuesto perpendicularmente al eje del cauce, interrumpiendo su curso natural. Sobre dicho relleno se ha construido una calle.

Aguas abajo del punto de taponamiento, el cauce del Arroyo del Cuarto se identifica en el PGOU de Málaga como "Antiguo cauce del Arroyo del Cuarto", conservándose en su estado natural y discurrendo a cielo abierto a lo largo de aproximadamente 170 metros. Posteriormente, se integra en un encauzamiento subterráneo de unos 420 metros de longitud, que desemboca en una arqueta situada al norte de la parcela donde se ubicaba la antigua fábrica Tejar Salyt.

De acuerdo con la información proporcionada por EMASA, dicho encauzamiento se materializó mediante una conducción (HVP) de 1.700 mm de diámetro, operando bajo un sistema unitario que recoge tanto las aguas pluviales procedentes de la cuenca vertiente como las aguas residuales de las áreas colindantes, las cuales se vierten directamente en la arqueta mencionada. A partir de esta estructura, el

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Diaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	5/24
Url De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		



antiguo cauce del Arroyo del Cuarto prosigue canalizado a través de una conducción (SD) de 1.600 mm de diámetro, manteniendo el funcionamiento unitario para la evacuación conjunta de aguas pluviales y residuales. Este sistema se extiende hasta la Avenida Valle Inclán, situada al sur de la parcela Salyt, desde donde continúa su trazado hasta la línea de costa.

En cumplimiento de los requerimientos del órgano ambiental y conforme a la propuesta de EMASA, el Plan de Reforma Interior deberá contemplar el encauzamiento del tramo comprendido entre la arqueta situada en el sector norte de la parcela y su salida en el sector sur, mediante un sistema separativo.

Asimismo, el Plan deberá incluir el desvío del cauce respecto a su trazado actual dentro de la parcela, alineándolo con los futuros viales proyectados, lo que facilitará su mantenimiento. Además, la obra deberá ser dimensionada para garantizar la capacidad hidráulica necesaria ante un evento pluvial con un periodo de retorno de 500 años.

En la siguiente imagen se representa, sobre ortofotografía, la delimitación de los cauces en la zona de estudio, así como la ubicación de la arqueta mencionada.



Imagen 5. Cauces en la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia.

2. OBJETO DEL ESTUDIO.

El presente Estudio Hidrológico-Hidráulico se redacta con el propósito de determinar el caudal máximo previsible que podría confluir en la arqueta tras un episodio pluvial correspondiente a un periodo de retorno de 500 años. Dicho caudal corresponderá al generado en la cuenca del antiguo Arroyo del Cuarto, en el tramo comprendido entre el punto de trasvase al Arroyo Los Angeles y la propia arqueta.

El análisis hidráulico desarrollado en este estudio evaluará si el caudal calculado para un periodo de retorno de 500 años en la cuenca del Arroyo del Cuarto (desde su nacimiento hasta el punto de trasvase al Arroyo Los Angeles) excede la elevación del terreno modificada artificialmente para facilitar dicho trasvase.

En caso de que el caudal supere esta elevación, el volumen excedente deberá sumarse al caudal previamente determinado, con el fin de establecer las condiciones hidráulicas definitivas para el diseño del sistema proyectado.

3. ÁMBITO DE LA ZONA DE ESTUDIO.

3.1. ÁMBITO GEOGRÁFICO.

El sector ATU-RI-O-R.10 "Salyt" se sitúa en el término municipal de Málaga, específicamente en la parcela que anteriormente albergaba la fábrica de ladrillos Salyt, en la Avenida Valle Inclán número 22. Este sector, con una superficie aproximada de 52.391 m², se encuentra al norte del centro histórico de Málaga y al suroeste del distrito de Ciudad Jardín. El río Guadalmedina fluye a unos 2 kilómetros al este del área, mientras que el Parque Natural Montes de Málaga se extiende aproximadamente a unos 3 kilómetros al noreste del sector. La zona está bien comunicada, con accesos directos desde la Avenida Valle Inclán y proximidad a la autovía A-45, facilitando la conexión con otras áreas de la ciudad y la región.

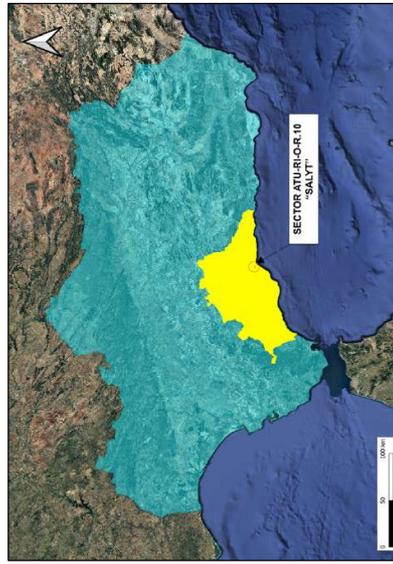


Imagen 6. Localización del área de estudio en la provincia de Málaga. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 7. Localización del área de estudio en el término municipal de Málaga. Fuente: Elaboración propia.

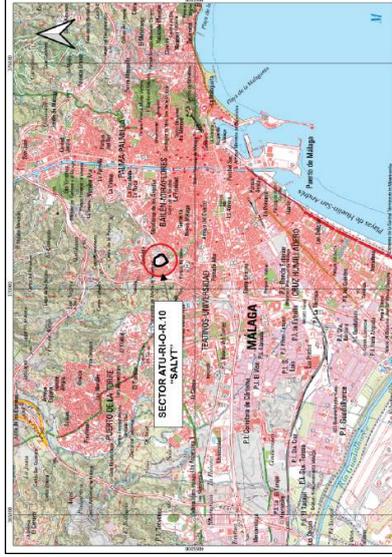


Imagen 8. Localización del área de estudio en el municipio de Málaga. Fuente: Elaboración propia.

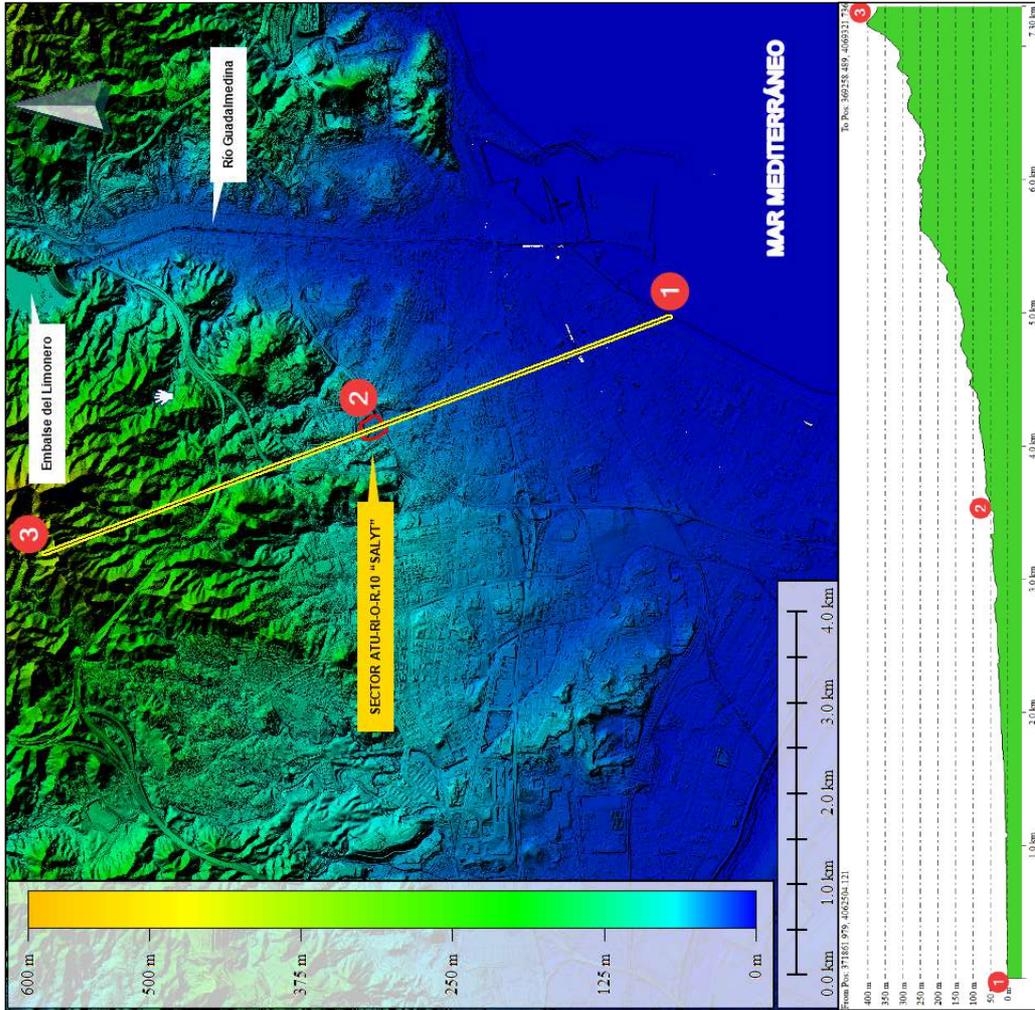
3.2. ÁMBITO OROGRÁFICO.

El área de estudio se sitúa en un entorno urbano del término municipal de Málaga, caracterizado por una topografía predominantemente suave. Se aprecia que el terreno en el entorno inmediato de la parcela presenta una pendiente ligera que desciende en dirección sureste, siguiendo el progresivo desnivel que conduce hacia las zonas más bajas de la ciudad y, en última instancia, hacia la franja costera.

En contraposición, hacia el norte y noroeste, la cota se eleva gradualmente, enlazando con las primeras estribaciones de los

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Diaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	6/24
Url De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		





Montes de Málaga. Estas zonas muestran pendientes más acusadas y un relieve algo más marcado, evidenciando la transición entre la llanura urbana y el sector montañoso. No obstante, en el área concreta donde se ubica la parcela, el relieve se mantiene relativamente homogéneo y sin cambios bruscos de altitud.

En conjunto, la orografía combina áreas llanas, ligadas al núcleo urbano, con un aumento progresivo de la pendiente conforme se avanza hacia los cerros del norte. Esta dinámica condiciona tanto la dirección del drenaje superficial como la integración paisajística del emplazamiento dentro de la trama urbana de Málaga.

3.3. ÁMBITO HIDROGRÁFICO.

La zona de estudio se encuentra ubicada dentro de la **Demarcación Hidrográfica de las Cuenca Mediterráneas Andaluzas**, hacia la zona oeste de la cuenca.

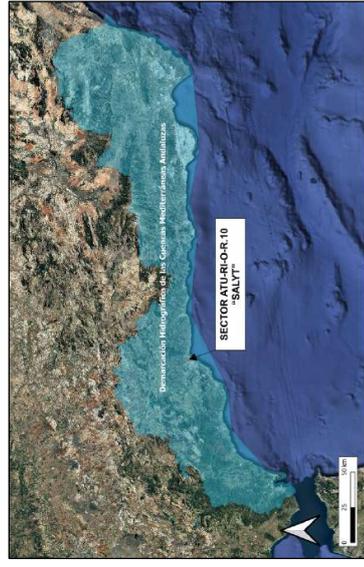
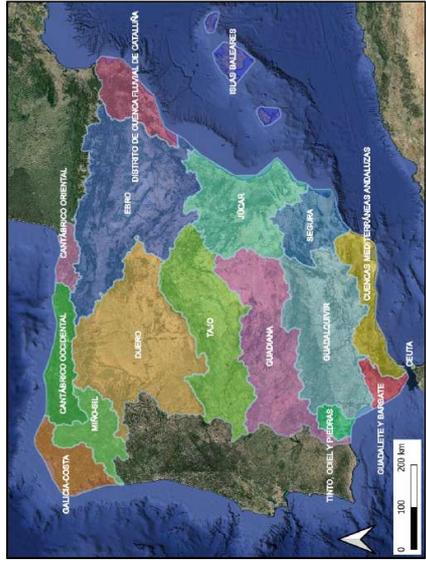


Imagen 9. Ámbito orográfico de la zona de estudio.
Fuente: MDT02 del Centro Nacional de Información Geográfica.

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Diaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	7/24
Url De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		



PROMOTOR: EDIFISSA PARQUE COMERCIAL SALYT S.L.

ESTUDIO HIDROLÓGICO HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE AVENIDAS EN EL SECTOR ATU-RI-O-R.10 "SALYT", T.M. DE MÁLAGA)

Imagen 10. Localización del área de estudio respecto a la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andalúzas.
Fuente: Elaboración propia.

Según el análisis de la capa de la Red Hidrográfica consultada en Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM), el sector ATU-RI-O-R.10 ("SALYT") se sitúa en el entorno de varios cursos de agua, entre los que destacan el Arroyo del Cuarto y el Arroyo de Los Angeles, que discurren hacia la cuenca del Río Guadalmedina.

Cabe reseñar que, en la cartografía de REDIAM, no se representa como cauce el antiguo Arroyo del Cuarto, aunque en la actualidad sí discurre a cielo abierto entre el punto donde se realizó el trasvase al Arroyo Los Angeles y el lugar donde se encuentra su encauzamiento subterráneo, aproximadamente 170 metros aguas abajo de dicho trasvase.

Estas corrientes fluviales constituyen los principales ejes hidrográficos de la zona y condicionan tanto la dinámica hídrica como los posibles riesgos asociados a avenidas o inundaciones.

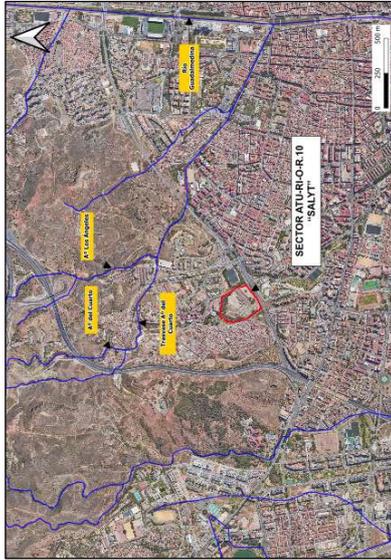


Imagen 11. Red Hidrográfica en el entorno del Sector ATU-RI-O-R.10.
Fuente: Elaboración propia a partir de PNOA. Máx. Actualidad y capa Red Hidrográfica IGN Andalucía 2019 (Accesible en Descargas REDIAM, consultado el 19 de febrero de 2025).
(<https://portalrediam.cica.es/descargas?path=%2F>)

Se presentan a continuación imágenes de la zona por donde discurren los cauces del Arroyo del Cuarto, el Trasvase del Arroyo del Cuarto al Arroyo Los Angeles y el Antiguo Arroyo del Cuarto. Asimismo, se incluyen fotografías ilustrativas del exterior de la arqueta que recibe tanto aguas residuales como el caudal procedente del Antiguo Arroyo del Cuarto, así como de la obra de fábrica que canaliza dichos flujos hasta su ingreso en la arqueta e imagen de la sección de la tubería a través de la cual estos caudales son conducidos para proseguir su curso por el Antiguo Arroyo del Cuarto.

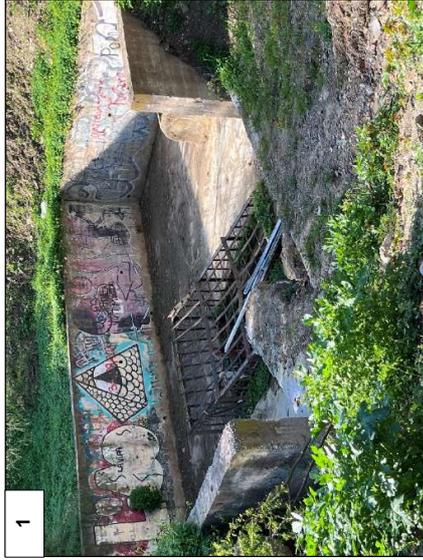


Imagen 12. Exterior de arqueta que recibe tanto aguas residuales como el caudal procedente del Antiguo Arroyo del Cuarto.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 13. Detalle interior de la arqueta: sección de la obra de fábrica que canaliza las aguas residuales y el caudal procedente del Antiguo Arroyo del Cuarto hasta su ingreso en la arqueta.
Fuente: Elaboración propia.

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Diaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	8/24
Url De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		



PROMOTOR: EDIFISSA PARQUE COMERCIAL SALYT S.L.

ESTUDIO HIDROLÓGICO HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE AVENIDAS EN EL SECTOR ATU-RI-O-R-10 "SALYT", T.M. DE MÁLAGA)



Imagen 14. Detalle interior de la arqueta: sección de la tubería a través de la cual los caudales son conducidos para proseguir su curso por el Antiguo Arroyo del Cuarto.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 16. Sección encauzamiento Antiguo Arroyo del Cuarto.
Fuente: Elaboración propia.

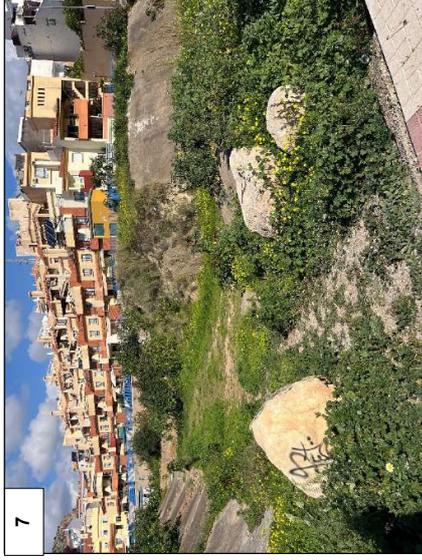


Imagen 18. Vista del final del cauce del Arroyo del Cuarto, en el punto del travesse al Arroyo Los Angeles.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 15. Panorámica del cauce del Antiguo Arroyo del Cuarto en el inicio de su encauzamiento.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 17. Vista del inicio del cauce del Antiguo Arroyo del Cuarto, en el punto del travesse al Arroyo Los Angeles.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 19. Obra de fábrica para el travesse del Arroyo del Cuarto al Arroyo Los Angeles en cruce de calle.
Fuente: Elaboración propia.

Código Seguro De Verificación

43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==

Estado

Fecha y hora

Firmado Por

José Carlos Lanzat Díaz

Firmado

09/03/2026 16:12:43

Observaciones

Página

9/24

Uri De Verificación

<https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D>

Normativa

Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).



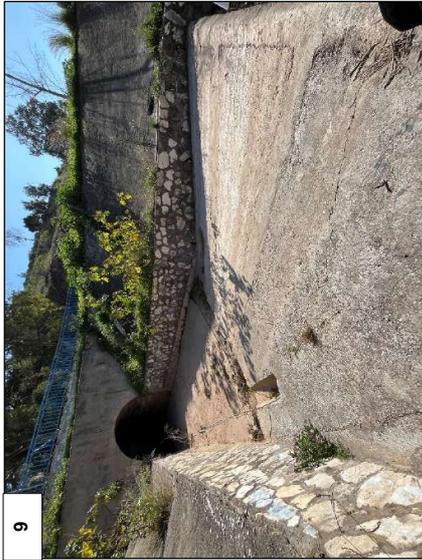


Imagen 20. Detalle de la obra de fábrica para cruce de calle de trasvase del Arroyo del Cuarto, vista desde la solera del cauce.
Fuente: Elaboración propia.

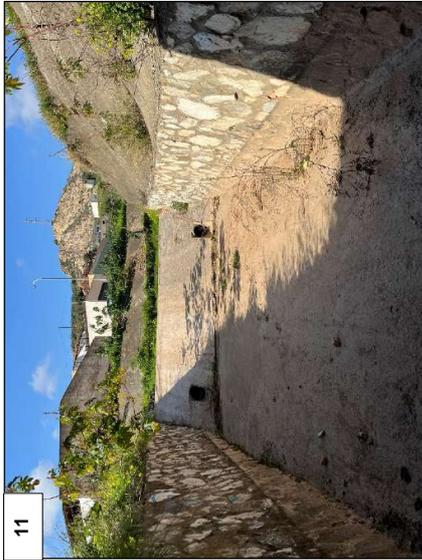


Imagen 22. Vista del inicio trasvase del Arroyo del Cuarto.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 24. Vista del inicio trasvase del Arroyo del Cuarto.
Fuente: Elaboración propia



Imagen 21. Cauce trasvase del Arroyo del Cuarto, vista desde la salida de la obra de fábrica tras el cruce de la calle.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 23. En la imagen se aprecia la infraestructura vial construida sobre el cauce del Arroyo del Cuarto, diseñada para desviar parte del flujo hacia el Arroyo Los Angeles.
Fuente: Elaboración propia.

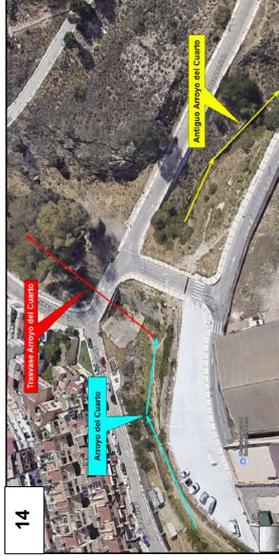


Imagen 25. Perspectiva aérea de la infraestructura vial que interrumpe el cauce del Arroyo del Cuarto.
Fuente: Elaboración propia

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Díaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	10/24
Uri De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		



4. ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA VERTIENTE.

En el presente estudio se analiza el caudal punta para un periodo de retorno de 500 años en un punto específico del antiguo Arroyo del Cuarto. En dicho punto, situado al norte del sector ATU-RI-O-R.10 "SALYT", se localiza una "arqueta" que actúa como el elemento final de desagüe de la cuenca. Este análisis forma parte del proceso de dimensionamiento de las infraestructuras de drenaje aguas abajo de dicha arqueta y busca garantizar la seguridad ante eventos hidrológicos extremos.

El objetivo principal es determinar los caudales máximos de avenida, tomando como base el régimen pluviométrico y la caracterización territorial de la cuenca. Para ello, el estudio se ha organizado en las siguientes fases:

- **Recopilación de información y selección del software** adecuado para la modelización.
- **Caracterización de la cuenca vertiente**, identificando sus rasgos fisiográficos y usos del suelo.
- **Cálculo de los caudales máximos** correspondientes a un periodo de retorno de 500 años.

4.1. DATOS DE PARTIDA Y SOFTWARE EMPLEADO.

Para la realización del presente estudio se han empleado una serie de datos o información de partida, obtenida directamente de la base de datos del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Además de toda esta información se ha realizado un análisis visual de la zona.

Entre estos datos destacamos:

- Modelos Digitales del Terreno (MDT02), obtenidos del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG):
 - o MDT02-ETRS89-HU30-1053-1-COB2 (2015-2021 CC-BY 4.0 scene.es)
 - o MDT02-ETRS89-HU30-1053-3-COB2 (2015-2021 CC-BY 4.0 scene.es)

Estos modelos corresponden a un Modelo Digital del Terreno con paso de malla de 2 metros, en formato GeoTIFF (TIFF con georeferenciación) y con sistema geodésico de referencia ETRS89.

- Ortofoto PNOA Máxima Actualidad, del IGN (Instituto Geográfico Nacional) del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible del Gobierno de España.
- QGIS, es un sistema de información geográfica (SIG) de código abierto que permite a los usuarios crear, editar, visualizar, analizar y publicar información geoespacial en forma de mapas interactivos.
- HEC-HMS, desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers, es un software diseñado para calcular el hidrograma resultante en una cuenca a partir de datos físicos (morfología, tipo de suelo, etc.) y meteorológicos (precipitaciones). El programa modela las distintas etapas del ciclo hidrológico que intervienen en la generación de

caudales, teniendo en cuenta la infiltración, el flujo subterráneo (hipodérmico o base) y la escorrentía superficial.

4.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE HEC-HMS.

El caudal en el punto de desagüe se calculará empleando el **modelo HEC-HMS**. La elección de este modelo se fundamenta en sus ventajas respecto al Método Racional Modificado:

- **Representación Espacial y Temporal:** HEC-HMS permite modelar la distribución del caudal a lo largo de la cuenca de forma dinámica, considerando la variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones y la respuesta hidrológica, lo que resulta esencial para cuencas con complejidades geomorfológicas o presencia de infraestructuras que modifiquen el flujo.
- **Capacidad de integración de infraestructuras:** La herramienta facilita la incorporación de elementos como trasvases y desviaciones, lo que permite simular el comportamiento real del caudal en presencia de obstáculos o modificaciones en el cauce.
- **Justificación Técnica:** En escenarios donde intervienen elementos de control y derivación, el uso de HEC-HMS resulta más riguroso y representativo, ya que permite realizar un análisis detallado de la evolución del caudal en distintos tramos.

HEC-HMS es un programa complejo que calcula el hidrograma producido por una cuenca si le facilitamos datos físicos de la cuenca, datos de precipitaciones, etc. Las diversas fases de trabajo del programa pueden esquematizarse como se muestra en la figura:

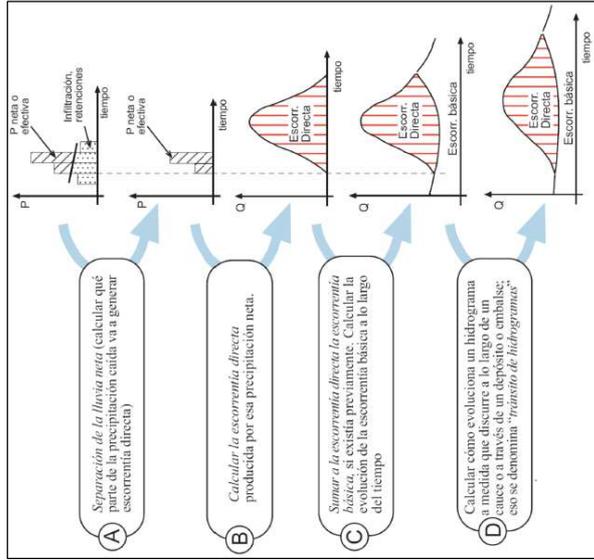


Imagen 26. Esquema de Trabajo de HEC-HMS. Fuente: Manual HEC-HMS.

El programa modela las distintas etapas del ciclo hidrológico que intervienen en la generación de caudales, teniendo en cuenta la infiltración, el flujo subterráneo (hipodérmico o base) y la escorrentía superficial.

Para llevar a cabo este análisis, HEC-HMS aborda tres procesos principales:

1. **Modelación de la Precipitación:** A partir de los datos pluviométricos, se define la precipitación de diseño y su variación temporal, deionante de los procesos siguientes.
2. **Modelación de la Infiltración:** Considera las características físicas de la cuenca (tipo de suelo, contenido de humedad, etc.) para estimar la porción de lluvia que se infiltra. A partir de esta estimación se obtiene la "lluvia neta", es decir, el volumen que finalmente genera escorrentía.
3. **Modelación de la Escorrentía:** Emplea la lluvia neta para simular cómo el agua discurre por la superficie hasta los cauces, combinándose con el flujo hipodérmico y el flujo base, hasta alcanzar el exutório de la cuenca. HEC-HMS incorpora diferentes metodologías para representar el almacenamiento y el tiempo de tránsito a lo largo de la red de drenaje, permitiendo ajustar el modelo a las condiciones reales de cada cuenca.

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfwRw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Diaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	11/24
Url De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfwRw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		



En resumen, HEC-HMS ofrece un entorno flexible para analizar los procesos hidrológicos que determinan el caudal circulante por un punto específico, integrando en un solo programa la modelación de la precipitación, la infiltración y la escorrentía, con la posibilidad de seleccionar entre múltiples modelos y parámetros para cada uno de estos pasos.

4.3. DELIMITACIÓN DE LA CUENCA DE ESTUDIO.

En el presente apartado procedemos a determinar las características propias de la cuenca en la zona de estudio. Para ello, se va a utilizar el programa de información geográfica QGIS, y en especial su paquete de complementos destinadas a la hidrología.

A continuación, se va a enumerar y a ilustrar los pasos (los más representativos), que se han seguido para la determinación de la cuenca de estudio:

- Incorporación de los Datos MDT02 en QGIS descargados y descritos con anterioridad.
- Relleno del Modelo Digital del Terreno, evitando de esta manera, posibles errores en los datos, que nos darían lugar a sumideros y otros defectos de diferente índole.
- Determinación de la dirección del flujo en el modelo, en función de las pendientes del mismo, así como de la orientación de las celdas que componen la capa ráster del modelo digital del terreno.
- Determinación de la acumulación del flujo, teniendo en cuenta la dirección calculada con anterioridad.
- Obtención de la red de drenaje de la zona de estudio, interpolando una magnitud de acumulación de flujo según la dirección y de las celdas que componen el modelo digital del terreno utilizado en el estudio.
- Y, por último, delimitación de la cuenca hidrográfica para el punto de desagüe de coordenadas: X:370.558; Y:4.065.869

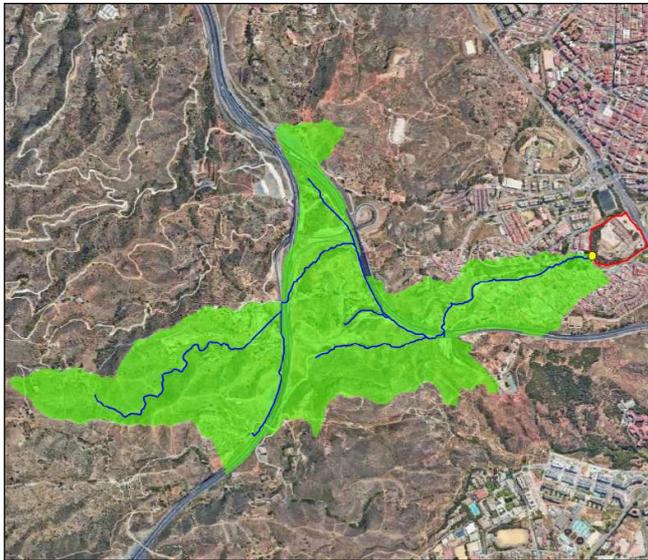


Imagen 27. Delimitación de la cuenca para el cálculo del caudal de avenida. Fuente: Elaboración propia mediante procesamiento de MDT en QGIS.

Características morfológicas de la cuenca de estudio

Las características morfológicas sirven para caracterizar una cuenca desde el punto de vista físico. En nuestro caso obtenemos los siguientes parámetros representativos de la misma:

Nombre Cuenca	Área (km ²)	Longitud (km)	Cota mín. (m)	Cota máx. (m)	Densidad (m/m)	Pendiente (%)
A° del Cuatro (punto de desagüe en la arqueta)	1,66	4,5	51,94	341,27	289,33	6,43%

Imagen 28. Características morfológicas de la cuenca del ámbito de estudio. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos extraídos del procesamiento del MDT realizado en QGIS.

Tiempo de concentración

Tiempo de concentración t_c , es el tiempo mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escorrentía en el punto de desagüe. Se obtiene calculando el tiempo de recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca hasta el punto de desagüe.

En este caso se trata de una cuenca principal, con lo cual el tiempo de concentración sería:

$$t_c = 0,3 \times L^{0,76} \times J^{-0,19}$$

Donde:

- L: longitud del cauce principal en km.
- J: Pendiente media del cauce.

Por tanto, considerando los valores expresados en las características hidromorfológicas de la cuenca que resultan de aplicación en la anterior fórmula, se tiene un tiempo de concentración de:

Nombre Cuenca	Tc (h)	Tc (min)
A° del Cuatro (punto de desagüe en la arqueta)	1,58	95

Imagen 29. Tiempo de concentración de la cuenca de estudio. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos extraídos del procesamiento del MDT realizado en QGIS.

4.4. CARACTERIZACIÓN PLUVIOMÉTRICA.

4.4.1. Precipitación máxima diaria.

Para la obtención de la precipitación diaria P_d , se realizará a partir del documento "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" del Ministerio de Fomento. De aquí se puede obtener el valor medio de la precipitación diaria anual (P_{media}) y el coeficiente de variación (Cv), a partir de los mapas de isolinias, siendo, para la zona donde se ubica la cuenca de aportación:

$P_{media} = 68 \text{ mm}$

$Cv = 0,48$



Imagen 30. Mapa de isolinias. Fuente: "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular".

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Diaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	12/24
Url De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		



La precipitación diaria máxima para el periodo de retorno deseado, Pd, se obtiene multiplicando el factor de amplificación Kt, por el valor medio de la precipitación diaria anual.
Kt se obtiene de la siguiente tabla, para un periodo de retorno T=500 años:

Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular

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

Imagen 31. Tabla 7.1 - Cuantiles Yt de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Amplificación Kt.
Fuente: "Máximas Lluvias diarias en la España Peninsular".

Por tanto, en la zona de estudio:

Para T = 500 años; Pd = 68 x 3,616 = 245,88 mm.

4.4.2. Hietograma.

La definición de un hietograma es fundamental para modelar la evolución temporal de la precipitación, que constituye el principal insumo en el proceso hidrológico. Para su elaboración es

indispensable contar con una curva IDF representativa de la zona –en este caso, la propuesta por Témez, recomendada por la Norma de Drenaje Superficial– que permita determinar las intensidades medias de lluvia para diferentes duraciones.

$$I(mm/h) = \frac{P_{d(T)}}{24} \left(\frac{t}{d} \right)^{3.5287 - 2.5287 t_c^{0.1}}$$

Donde:

- $P_{d(T)}$, (mm) es la precipitación máxima diaria asociada a un periodo de retorno.
- I_t / I_d (adimensional) Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica.
- t (horas) Duración del aguacero igual al tiempo de concentración.

En este caso:

- $P_{d(T)} = 248,88$ mm
- $I_t/I_d = 9$
- $t = 1,58$ h = 95 minutos

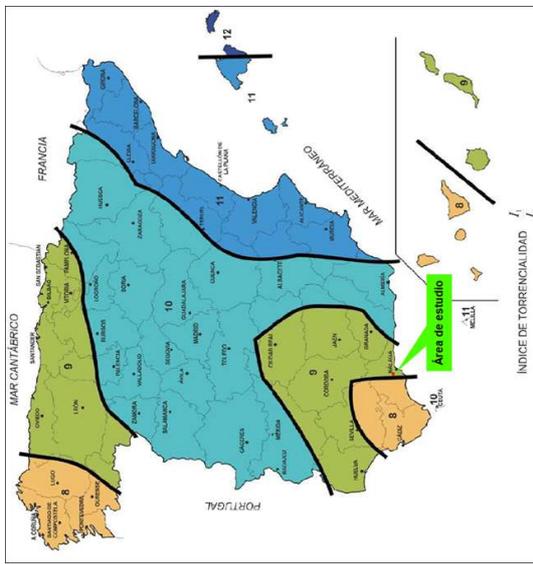


Imagen 32. Mapa del Índice de torrencialidad (I_t/I_d).
Fuente: Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 6.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.

A partir de esta curva se generan los hietogramas de diseño, los cuales pueden adoptar diversas formas (rectangular, triangular, sintéticos del SCS, o de bloques alternativos).

En el presente estudio se opta por el hietograma de bloques alternativos, ya que se ajusta mejor a las características de las tormentas en la zona mediterránea y es el más adecuado para su integración en HEC-HMS.

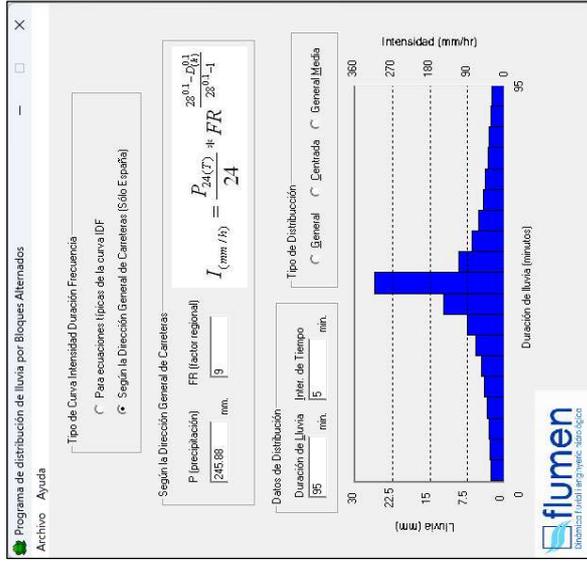


Imagen 33. Hietograma obtenido según la precipitación, factor regional, duración e intervalo de tiempo considerado.
Fuente: Resultados obtenidos mediante el programa BloquesSMMM, diseñado por FLUMEN.

4.5. MODELADO DE LA INFILTRACIÓN.

El volumen total de agua disponible para la escorrentía superficial se obtiene al restar de la precipitación total el agua interceptada por la vegetación, aquella que se almacena en la superficie y la que se infiltra en el suelo; en la modelación de crecidas se consideran despreciables las pérdidas por evaporación y evapotranspiración.

HEC-HMS incorpora diversas alternativas para cuantificar las pérdidas de agua, siendo en este análisis el modelo de infiltración del SCS el más adecuado (SCS Curve Number). Este modelo, desarrollado por el Soil Conservation Service en 1972, es de uso extendido, especialmente en España, donde fundamenta la determinación del



PROMOTOR: EDIFISSA PARQUE COMERCIAL SALYT S.L.

ESTUDIO HIDROLÓGICO HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE AVENIDAS EN EL SECTOR ATU-RIO-R.10 "SALYT", T.M. DE MÁLAGA

coeficiente de escorrentía empleado para el cálculo de caudales de referencia en la Instrucción de Drenaje Superficial.

El modelo SCS para evaluar la infiltración se basa en un único parámetro, conocido en la bibliografía española como "umbral de escorrentía" (P_0). La formulación original se basaba en el número de curva (CN), un parámetro adimensional que varía entre 0 y 100. Aunque el número de curva tiene la ventaja de ser adimensional, el concepto de umbral de escorrentía resulta más intuitivo. Ambos parámetros están relacionados de forma biunívoca mediante la ecuación (cuando P_0 se expresa en milímetros):

$$NC = \frac{5080}{P_0 + 50.80}$$

El umbral de escorrentía, o número de curva, representa la precipitación mínima necesaria para que se inicie la generación de escorrentía en la cuenca, y sus valores se encuentran tabulados en función del uso del suelo, la pendiente y las características del terreno.

Cálculo del umbral de escorrentía (P_0)

El umbral de escorrentía P_0 , representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$P_0 = P_i^i \times \beta$$

Donde:

- P_0 (mm) Umbral de escorrentía
- P_i^i (mm) Valor inicial del umbral de escorrentía
- β (adimensional) Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

Valor inicial del umbral de escorrentía (P_i^i)

Conforme se especifica en la norma 5.2/C drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, el valor inicial del umbral de escorrentía P_i^i se determinará como se refiere a continuación, a partir de:

- Series de datos o mapas publicados por la Dirección General de Carreteras, en los que se obtenga directamente el valor de PPO ii para una determinada localización geográfica. Normalmente, dicho valor en cada punto se obtendrá como promedio en la cuenca vertiente al punto de cálculo de una determinada discretización espacial llevada a cabo sobre el territorio.

- Tabla 2.3, en las siguientes circunstancias:

- o Cuando la información referida en el párrafo precedente no se encuentre disponible.
- o Cuando el tamaño de la cuenca sea similar (o inferior) al tamaño de la discretización espacial efectuada.
- o En problemas específicos de escorrentía urbana.

- o Para la definición del drenaje de plataforma y márgenes

o Cuando se tenga constancia de cambios de uso del suelo con posterioridad a la elaboración de las series de datos o mapas a que se hace referencia en el párrafo anterior.

o Para la realización de cálculos en que se supongan modificaciones de los usos del suelo, respecto a lo reflejado en las mencionadas series de datos o mapas.

La determinación de los grupos hidrológicos de suelo presentes en la cuenca se debe realizar a partir del mapa de la figura 2.7. Cuando se disponga de información más detallada, en el proyecto se puede justificar el cambio del grupo hidrológico de suelo en alguna cuenca concreta, según los criterios de la tabla 2.4 y la figura 2.8.

Cuando se considere oportuno, se pueden diferenciar las proporciones de los distintos tipos y usos del suelo existentes en la cuenca, atribuyendo a cada uno el valor correspondiente de P_i^i que se indica en la tabla 2.3.

Para nuestro caso, se empleará la capa SIG del umbral de escorrentía (mm) en condiciones de humedad media del suelo, utilizada en la aplicación del método racional modificado. Esta capa ha sido generada a partir de los usos del suelo del CORINE LAND COVER 2000 y conforme a la metodología descrita en la publicación *Análisis de nuevas fuentes de datos para la estimación del parámetro número de curva, perfiles de suelos y teledetección*, editada por el CEDEX en 2003 (346 páginas, ISBN: 84-7790-389-1, NIPO: 163-03-013-6). La metodología ha sido adaptada a la clasificación de usos del suelo del CLC-2000. Dicha capa SIG está disponible en la web del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Mediante procesamiento en QGIS, se asignará dicha capa a las dos cuencas de estudio, con el propósito de determinar el valor promedio de P_0 en cada una de ellas.

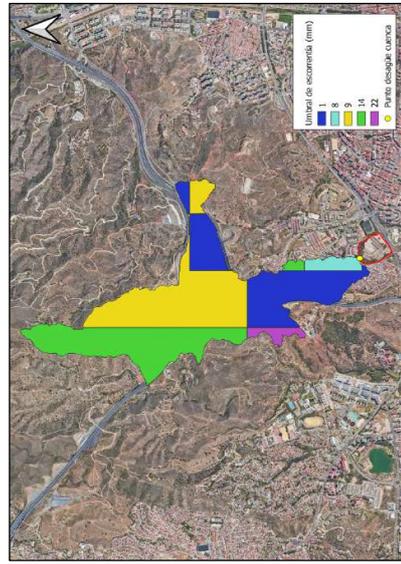


Imagen 34. Superposición del perímetro de la cuenca de estudio sobre la capa SIG del umbral de escorrentía.

Fuente: MITECO. (<https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/de/descargas/agua/mapa-caudales.html>)

A continuación, se expone el umbral de escorrentía P_i^i obtenido para la cuenca de estudio:

Cuenca: A° del Cuarto (punto de desagüe en la arqueta)		
--	--	--

P_i^i (mm)	Área (m ²)	Área x P_i^i
1	483.540,98	483.540,98
14	492.843,96	6.899.815,44
8	54.801,56	438.412,48
9	589.866,78	5.308.801,02
22	40.982,32	901.611,04

SUMA	1.662.035,60	14.032.180,96
-------------	---------------------	----------------------

P_0 media ponderada:	8,44
--	-------------

Coeficiente de corrector del umbral de escorrentía (β)

Según la Norma 5.2 IC, al no disponer de información suficiente en la propia cuenca de cálculo o en cuencas próximas similares, para llevar a cabo la calibración, se recomienda tomar el valor del coeficiente corrector a partir de los datos de la tabla 2.5, correspondientes a las regiones de la figura 2.9 de la misma.

En caso, se debe proceder como se indica a continuación:

- En las cuencas del Levante y Sureste peninsular se debe estar a lo especificado en el apartado 2.3.
- En el resto de las cuencas se debe proceder como sigue, atendiendo al tipo de obra de que en cada caso se trate:
 - o Drenaje transversal de vías de servicio, ramales, caminos, accesos a instalaciones y edificaciones auxiliares de la carretera y otros elementos anejos (siempre que el funcionamiento hidráulico de estas obras no afecte a la carretera principal) y drenaje de plataforma y márgenes. Se debe aplicar el producto del valor medio de la región del coeficiente corrector del umbral de escorrentía por un factor dependiente del período de retorno T_r , considerado para el caudal de proyecto en el elemento de que en cada caso se trate:

$$\beta^{PM} = \beta_M \cdot F_r$$

- o Drenaje transversal de la carretera (puentes y obras de drenaje transversal); producto del valor medio de la región del coeficiente corrector del umbral de escorrentía corregido por el valor correspondiente al intervalo de

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Diaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	14/24
Url De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		



confianza del cincuenta por ciento, por un factor dependiente del periodo de retorno T considerado para el caudal de proyecto, es decir:

$$\beta^{DT} = (\beta_M - \Delta_{50}) \cdot F_t$$

Donde:

- β^{PM} (adimensional) Coeficiente corrector del umbral de escorrenría para drenaje de plataforma y márgenes, o drenaje transversal de vías auxiliares.
- β^{DT} (adimensional) Coeficiente corrector del umbral de escorrenría para drenaje transversal de la carretera.
- β_M (adimensional) Valor medio en la región, del coeficiente corrector del umbral de escorrenría (tabla 2.5).
- F_t (adimensional) Factor función del periodo de retorno (tabla 2.5).
- Δ_{50} (adimensional) Desviación respecto al valor medio: intervalo de confianza correspondiente al cincuenta por ciento (50 %).

Para el caso en estudio, se obtendrá el coeficiente corrector a partir de la fórmula:

$$\beta^{PM} = \beta_M \cdot F_t$$

Tal y como se ha indicado anteriormente, se caracterizará el coeficiente a partir de la figura 2.9 y de la tabla 2.5 de la Instrucción de Drenaje Superficial 5.2 IC.

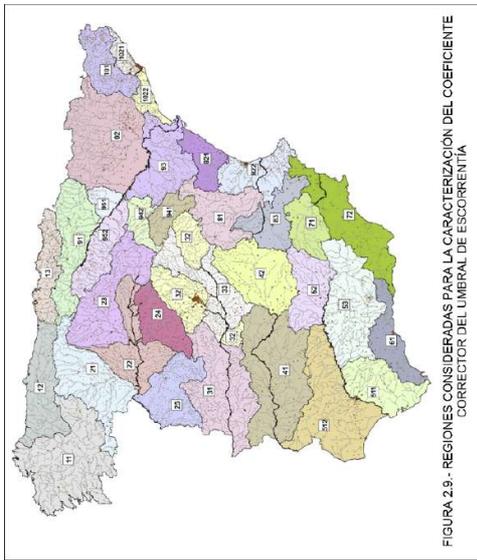


FIGURA 2.9.- REGIONES CONSIDERADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENRIA

Imagen 35. Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector de escorrenría.

Fuente: Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.

Según el mapa de la figura anterior, la zona de estudio se encontraría dentro de la región 61; con lo que, según la tabla 2.5 siguiente, se obtiene el valor medio de β_M y el valor de F_t .

La zona de estudio se enmarca en la región nº511 considerada para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrenría. Para esta región y de la tabla 2.5 de la citada Norma, se obtienen los valores correspondientes a los coeficientes de valor medio del coeficiente corrector β_M , factor de periodo de retorno F_t y desviación respecto al valor medio Δ_{50} .

TABLA 2.5.- COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENRIA: VALORES CORRESPONDIENTES A CALIBRACIONES REGIONALES

Región	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Periodo de retorno T (años), F_t				
	50%	67%	90%	2	5	25	100	500
11	0.90	0.20	0.30	0.50	0.80	0.90	1.13	1.34
12	0.95	0.20	0.25	0.45	0.75	0.90	1.14	1.33
13	0.80	0.15	0.25	0.40	0.74	0.90	1.15	1.34
21	1.20	0.20	0.35	0.55	0.74	0.88	1.18	1.47
22	1.50	0.15	0.20	0.35	0.74	0.90	1.12	1.27
23	0.70	0.20	0.35	0.55	0.77	0.89	1.15	1.44
24	1.10	0.15	0.20	0.35	0.76	0.90	1.14	1.36
25	0.80	0.15	0.20	0.35	0.82	0.92	1.12	1.29
31	0.90	0.20	0.30	0.50	0.87	0.93	1.10	1.26
32	1.00	0.20	0.30	0.50	0.82	0.91	1.12	1.31
33	2.15	0.25	0.40	0.65	0.70	0.88	1.15	1.38
41	1.20	0.20	0.25	0.45	0.81	0.96	1.00	1.00
42	2.25	0.20	0.35	0.55	0.67	0.86	1.18	1.46
511	2.15	0.10	0.15	0.20	0.81	0.91	1.12	1.30
512	0.70	0.20	0.30	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
52	0.95	0.20	0.25	0.45	0.89	0.94	1.09	1.22
53	2.10	0.25	0.35	0.60	0.68	0.87	1.16	1.38
61	2.00	0.25	0.35	0.60	0.77	0.91	1.10	1.18
71	1.20	0.15	0.20	0.35	0.82	0.94	1.00	1.00

Imagen 36. Coeficiente corrector del umbral de escorrenría.

Fuente: Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.

Así pues, obtenemos los siguientes valores:

T = 500 años	
β_M	2.00
F_t	1.17
$\beta^{PM} = \beta_M \cdot F_t$	2.34

Aplicando los coeficientes anteriormente calculados el valor del umbral de resulta de aplicar la fórmula:

$$P_0 = P_0^i \times \beta = 8,44 \times 2,34 = 19,75 \text{ mm}$$

Obtenido el umbral de escorrenría P_0 para la cuenca de estudio, el Número de Curva (NC) se obtiene aplicando la fórmula indicada anteriormente:

$$NC = \frac{5080}{P_0 + 50,80} = \frac{5080}{19,75 + 50,80} \approx 72$$

4.6. MODELADO DE PROPAGACIÓN.

El siguiente aspecto a analizar es el desarrollo de la escorrenría superficial y su concentración en un punto específico del cauce. HEC-HMS ofrece diversas alternativas basadas en modelos empíricos y conceptuales; en este estudio se opta por la teoría del Hidrograma Unitario, empleando el Hidrograma Unitario Sintético propuesto por el Soil Conservation Service [SCS Unit Hydrograph] que es ampliamente reconocido a nivel nacional e internacional.

El Hidrograma Unitario de una cuenca representa la respuesta frente a una lluvia neta distribuida de forma uniforme, con intensidad constante y un volumen total unitario (1 mm). Aunque la altura total de precipitación efectiva y el volumen de escorrenría superficial (área bajo el hidrograma) son equivalentes, su distribución temporal varía, de tal manera que existe un hidrograma unitario para cada duración de lluvia.

Esta técnica es una de las más utilizadas para transformar la lluvia en escorrenría superficial. Una vez determinado el hidrograma unitario de una cuenca, se puede obtener el hidrograma de escorrenría correspondiente a cualquier evento pluviométrico, previo establecimiento del hidrograma de lluvia neta.

Tras analizar numerosos hidrogramas unitarios de cuencas rurales de reducido tamaño, el Soil Conservation Service, en 1972, estableció un hidrograma unitario con forma predefinida y escala adimensional basado en dos parámetros: el tiempo al pico y el caudal pico. En esta representación, tanto el caudal como el tiempo se expresan como fracciones de estos parámetros, lo que permite determinar la evolución del caudal generado por lluvias de cualquier duración e intensidad, siempre que se hayan definido adecuadamente el caudal pico y el tiempo al pico.

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Diaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	15/24
Url De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		



PROMOTOR: EDIFISSA PARQUE COMERCIAL SALYT S.L.

ESTUDIO HIDROLÓGICO HIDRÁULICO PARA EL ANÁLISIS DE AVENIDAS EN EL SECTOR ATU-RI-O-R:10 "SALYT", T.M. DE MÁLAGA)

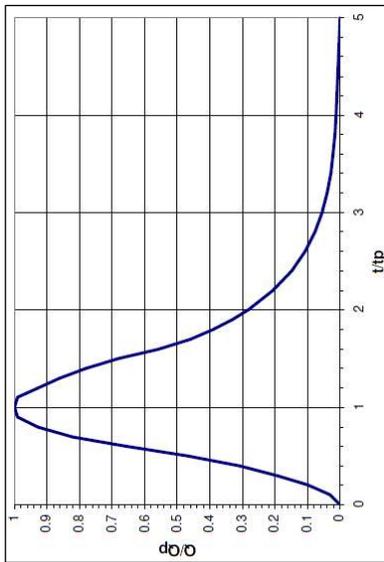


Imagen 37. Hidrograma Unitario adimensional del SCS.
Fuente: Elaboración propia.

El caudal pico se obtiene mediante el modelo de infiltración, mientras que el tiempo al pico se introduce en HEC-HMS a través del parámetro denominado "Lag Time". Este parámetro se define como el intervalo transcurrido entre el centro de gravedad del hidrograma de precipitación neta y el pico del hidrograma. De acuerdo con las recomendaciones de HEC-HMS y la bibliografía internacional, el "Lag Time" puede estimarse como el 60 % del tiempo de concentración de la cuenca vertiente.

$$\text{LagTime} = 0,6 \times t_c = 0,6 \times 95 \text{ min} = 57 \text{ min}$$

4.7. MODELIZACIÓN DE LA CUENCA.

Con la completa caracterización de la cuenca hidrológica de aportación, se procede a la simulación de la modelización hidrológica para un periodo de retorno de 500 años. Para este análisis, se ha establecido que la tormenta de diseño comience a las 00:00 h, y la duración de los registros de resultados se extiende más allá del episodio de precipitación, asegurando así la evacuación completa de los caudales.

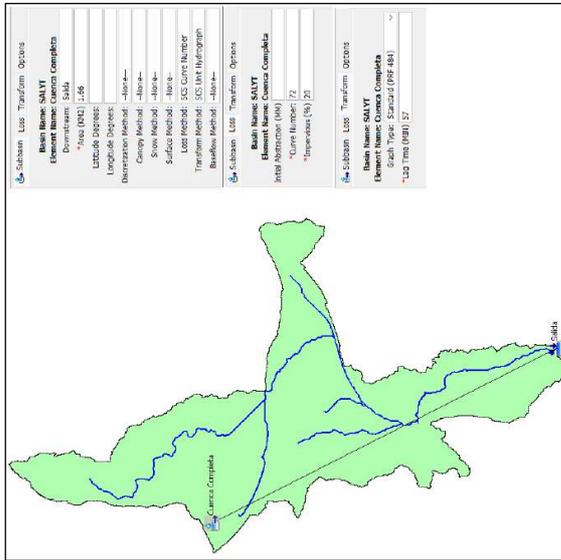


Imagen 38. Componentes y parámetros introducidos para la definición de la cuenca en HEC-HMS.
Fuente: Elaboración propia a partir de HEC-HMS.

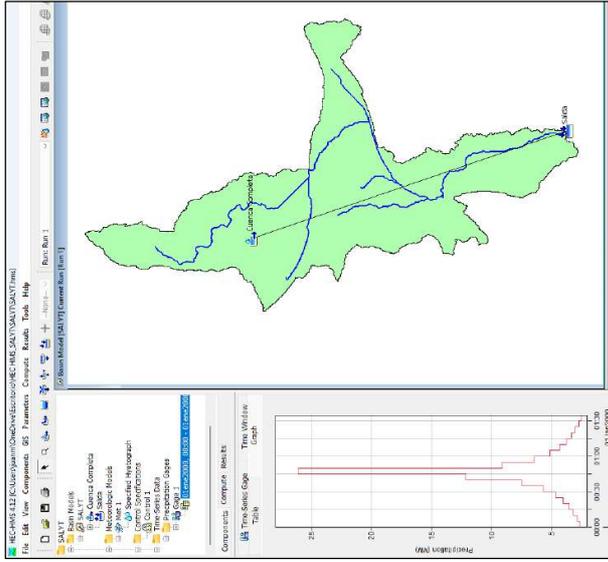


Imagen 39. Histograma de precipitación introducido para la simulación en HEC-HMS.

Fuente: Elaboración propia a partir de HEC-HMS.

4.8. RESULTADOS.

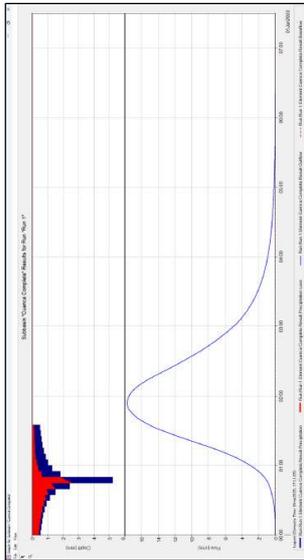
4.8.1. Caudal en desagüe sin trasvase.

La simulación realizada con HEC-HMS generó el hidrograma de salida de la cuenca, proporcionando parámetros esenciales como el área drenada, el caudal punta, el instante de ocurrencia del caudal máximo y el volumen total evacuado. Para un periodo de retorno de 500 años, se obtuvo un caudal punta de **17,70 m³/s** en el punto de análisis, localizado en la arqueta al norte del sector ATU-RI-O-R:10 "SALYT".

A continuación se muestra el hidrograma de salida de la cuenca:



Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Diaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	16/24
Url De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		



Summary Results for Subbasin "Cuenca Completa"

Project: HEC HMS SALYT Simulation Run: Run 1
Subbasin: Cuenca Completa

Start of Run: 01ene2000, 00:00 Basin Model: SALYT
End of Run: 01ene2000, 07:30 Meteorologic Model: Met 2
Compute Time: 04mar2025, 17:11:05 Control Specifications: Control 1

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 17.7 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01ene2000, 01:54
Precipitation Volume: 112.43 (MM) Direct Runoff Volume: 58.37 (MM)
Loss Volume: 54.06 (MM) Baseflow Volume: 0.00 (MM)
Excess Volume: 58.37 (MM) Discharge Volume: 58.37 (MM)

Imagen 40. Hidrograma elaborado con HEC-HMS sin considerar el trasvase del Arroyo del Cuarto.

Fuente: Elaboración propia a partir de HEC-HMS.

4.8.2. Caudal en desague con trasvase.

El caudal de 17,70 m³/s obtenido previamente corresponde únicamente a la escorrentía en el punto de análisis, sin contemplar la infraestructura viaria situada aguas arriba que, al interceptar de forma perpendicular el cauce principal del Arroyo del Cuarto, genera un trasvase hacia el Arroyo Los Angeles. Dado que esta estructura se ubica a aproximadamente 2 m sobre el cauce, el Estudio Hidráulico revela que solo 6,90 m³/s se desvían a través del trasvase, mientras el caudal excedente se reincorpora al antiguo cauce y continúa su trayecto hasta la arqueta del sector ATU-RI-O-R.10 "SALYT".

Manteniendo las características de la cuenca del análisis anterior, se incorporó el componente "Diversión" en el modelo HEC-HMS para simular la desviación de caudales conforme a los resultados hidráulicos. Con esta única modificación, la simulación para un periodo de retorno de 500 años arroja un caudal punta de 10,80 m³/s en el mismo punto de análisis.

A continuación, en la siguiente imagen se muestran los componentes introducidos en HEC-HMS para simular el caudal hacia el trasvase del Arroyo del Cuarto hacia el Arroyo de Los Angeles:

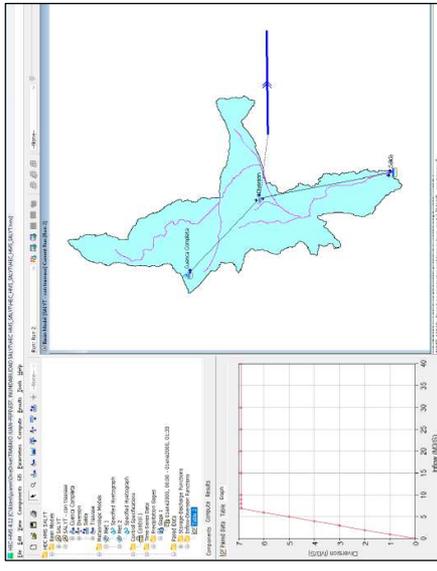
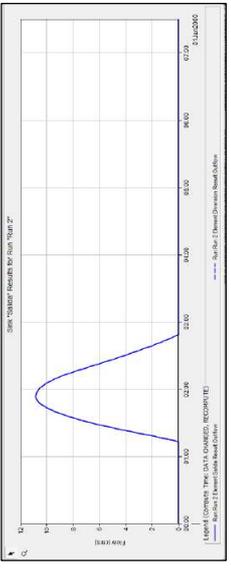


Imagen 41. Componentes introducidos en el modelo HEC-HMS para simular el desvío de caudales a través del trasvase del Arroyo del Cuarto.

Fuente: Elaboración propia a partir de HEC-HMS.

A continuación, se presenta el hidrograma en el punto de desague de la cuenca:



Summary Results for Sink "Salida"

Project: HEC HMS SALYT Simulation Run: Run 2
Sink: Salida

Start of Run: 01ene2000, 00:00 Basin Model: SALYT - con trasvase
End of Run: 01ene2000, 07:30 Meteorologic Model: Met 2
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 10.8 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01ene2000, 01:54
Volume: 22.30 (MM)

Imagen 42. Hidrograma en el punto de desague de la cuenca tras detraer el caudal derivado por el trasvase del Arroyo del Cuarto.

Fuente: Elaboración propia a partir de HEC-HMS.

5. ESTUDIO HIDRÁULICO.

Una vez obtenido el caudal de avenida mediante HEC-HMS, se utilizará el software IBER para analizar en detalle el comportamiento hidráulico del flujo en la zona del trasvase. Los objetivos y herramientas que se emplearán son los siguientes:

- **Objetivo del Análisis:**
Determinar si la infraestructura viaria es capaz de derivar la totalidad del caudal que circula por el Arroyo del Cuarto o si, por el contrario, únicamente se deriva una parte y el resto se reincorpora al cauce principal, continuando su trayecto hacia la "arqueta". Esto es crucial para conocer el caudal real que llega al punto de desague de la cuenca.
- **Herramientas y Funcionalidades de IBER:**
 - **Análisis de Hidrogramas en Cortes Específicos:** Se establecerán cortes transversales antes, durante y después del trasvase. El análisis de los hidrogramas en cada uno de estos puntos permitirá observar la evolución del caudal y detectar las variaciones producidas por la infraestructura.
 - **Mapas de Caudal Específico:** Estos mapas ayudarán a identificar zonas con concentraciones de flujo elevadas, lo que puede ser indicativo de que en ciertos puntos se estén produciendo derivaciones o sobrecargas.
 - **Integración de Caudales en Líneas de Corte:** La herramienta de integración en líneas de corte permitirá determinar el caudal total que atraviesa una sección determinada en un instante dado, permitiendo validar el balance de caudales aguas arriba y aguas abajo del trasvase.
 - **Comparativa de Resultados:** Se contrastarán los valores obtenidos en el tramo del trasvase con los del cauce principal para evaluar la eficiencia de la derivación y establecer si existe reincorporación del caudal excedente.

5.1. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA. IBER 2.6.

5.1.1. Software de diseño.

IBER es un modelo matemático bidimensional para la simulación de flujos en ríos, desarrollado en colaboración por el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, GEAMA (Universidad de A Coruña, UDC) y el Instituto FLUMEN (Universitat Politècnica de Catalunya, UPC, y Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, CIMNE). El modelo IBER surge como respuesta al interés mostrado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX en disponer de una herramienta que facilite la aplicación de la legislación sectorial vigente en materia de aguas, especialmente en los requerimientos derivados de la Directiva Marco del Agua, la Instrucción de Planificación Hidrológica, la Directiva de Inundaciones o el Plan Nacional de Calidad de las Aguas. IBER es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Diaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	17/24
Url De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		



permanente, y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial. El rango de aplicación de IBER abarca la hidrodinámica fluvial, la simulación de rotura de presas, la evaluación de zonas inundables, el cálculo de transporte de sedimentos y el flujo de marea en estuarios.

El modelo IBER consta actualmente de 3 módulos de cálculo principales: un módulo hidrodinámico, un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos. Todos los módulos trabajan sobre una malla no estructurada de volúmenes finitos formada por elementos triangulares o cuadriláteros. En el módulo hidrodinámico, que constituye la base de IBER, se resuelven las ecuaciones de aguas someras bidimensionales promediadas en profundidad (ecuaciones de St. Venant 2D). El módulo de turbulencia permite incluir las tensiones turbulentas en el cálculo hidrodinámico, pudiéndose utilizar para ello diferentes modelos de turbulencia para aguas someras con diferente grado de complejidad. En la versión actual se incluyen un modelo parabólico, un modelo de longitud de mezcla y un modelo k-ε. El módulo de transporte de sedimentos resuelve las ecuaciones de transporte de fondo y transporte turbulento en suspensión, calculando a partir del balance de masa de sedimento la evolución de la cota de fondo.

5.1.2. Modelos.

Se realizan modelizaciones según las condiciones desarrolladas a lo largo del presente apartado para las disintas alternativas y periodos de retorno:

- T = 500 años

5.1.3. Cartografía.

Para la realización del estudio hidráulico es necesario disponer de una cartografía de precisión que represente fielmente la realidad del terreno en el tramo de estudio. Para ello, se han utilizado los siguientes elementos cartográficos:

- LIDAR 2ª Cobertura (2015-2021), obtenidos del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG);
 - o LIDAR-PNOA-cob2 2015 CC-BY 4.0 scne.es.
 - o MDT02-ETRS89-HU30-1053-3-COB2 (2015-2021 CC-BY 4.0 scne.es)
- Ortofotografía más reciente disponible del proyecto PNOA.
 - Inventario de estructuras.

Aplicando los procesos correspondientes a los puntos LIDAR en QGIS se ha obtenido un MDT, a través del cual se ha logrado una precisa definición de la topografía y geometría tanto de los cauces como de las llanuras de inundación en los tramos de estudio. Esta clarificación ha posibilitado una delimitación precisa de las zonas inundables. Además, el MDT nos ofrece la oportunidad de llevar a cabo un estudio más detallado del terreno. Por ejemplo, nos permite generar perfiles longitudinales que profundizan nuestro conocimiento sobre la topografía, las pendientes y la elevación del terreno en la zona de estudio. Esta capacidad de análisis detallado proporciona una base sólida para abordar aspectos críticos relacionados con la gestión de riesgos de inundación y la planificación del uso del suelo en dicha área.

Para la zona de estudio, a continuación, se muestran las elevaciones y pendientes del terreno, así como perfiles topográficos de interés, obtenidos tras procesar el MDT en QGIS.

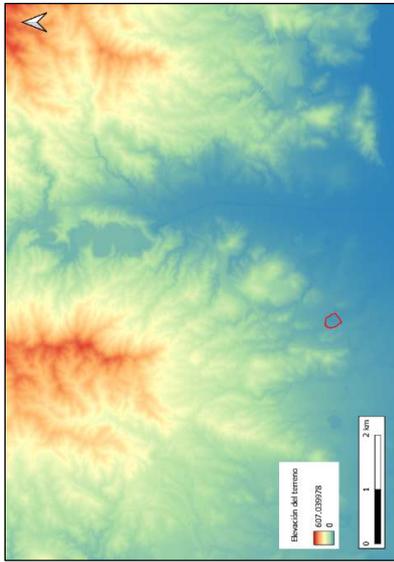


Imagen 43. Mapa de elevaciones del terreno en el área de estudio. Fuente: Elaboración propia mediante procesamiento de MDT en QGIS.

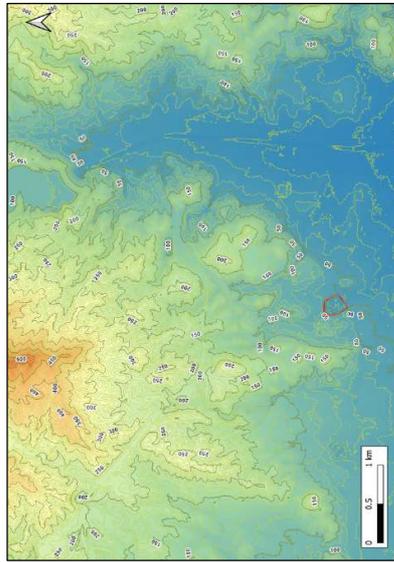


Imagen 44. Mapa de curvas de nivel en el área de estudio. Fuente: Elaboración propia mediante procesamiento de MDT en QGIS.

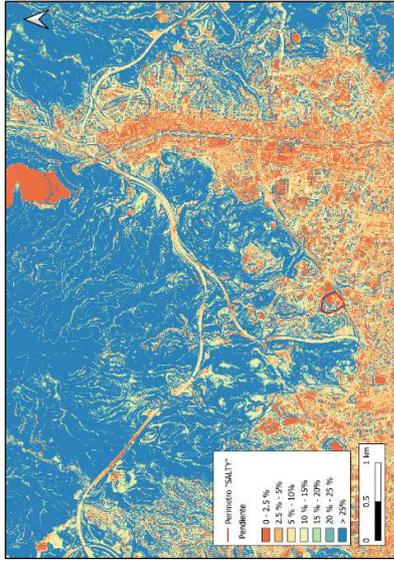


Imagen 45. Mapa de pendientes del terreno en el área de estudio. Fuente: Elaboración propia mediante procesamiento de MDT en QGIS.



Imagen 46. Perfil longitudinal de interés: Arroyo del Cuerto y antiguo cauce. Fuente: Elaboración propia mediante procesamiento de MDT en QGIS.

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Diaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	18/24
Url De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		



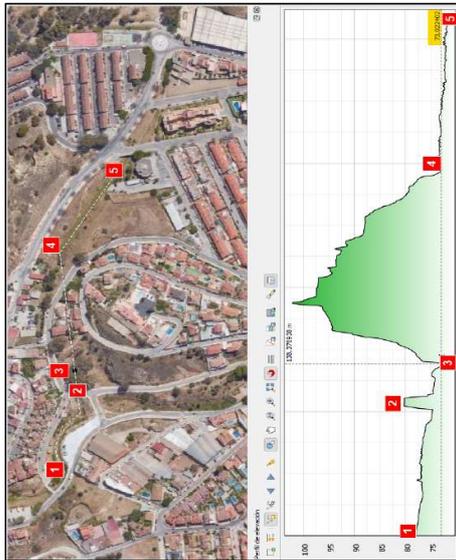


Imagen 47. Perfil longitudinal de interés: cauce del Arroyo del Cuarto y del Tránsito hacia el Arroyo Los Angeles.
Fuente: Elaboración propia mediante procesamiento de MDT en QGIS.

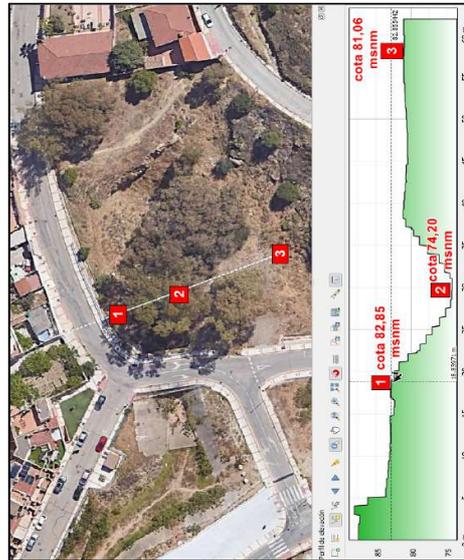


Imagen 48. Perfil longitudinal de interés: cauce del Tránsito del Arroyo del Cuarto antes de su entrada en el túnel.
Fuente: Elaboración propia mediante procesamiento de MDT en QGIS.

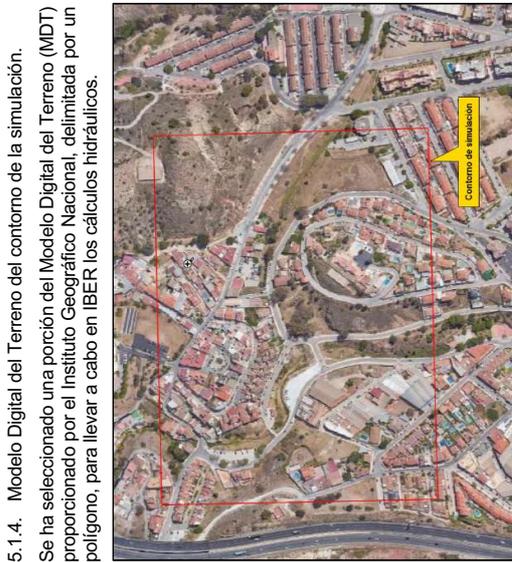


Imagen 49. Contorno del MDT que se utilizará para la simulación hidráulica con IBER.
Fuente: Elaboración propia.

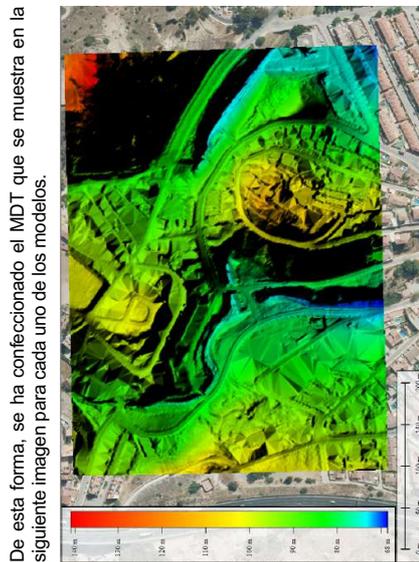


Imagen 50. Modelo Digital del Terreno empleado para la simulación hidráulica con IBER.
Fuente: Elaboración propia.

máximo de 5 m y un lado mínimo de 1 m para la simulación de la avenida de período de retorno de 500 años.

Una vez realizada y colapsada la geometría, se obtienen celdas quedando el mallado tal como se muestra a continuación. Esta geometría nos servirá para hacer la simulación del caudal de avenida considerado en el cauce del Arroyo del Cuarto.

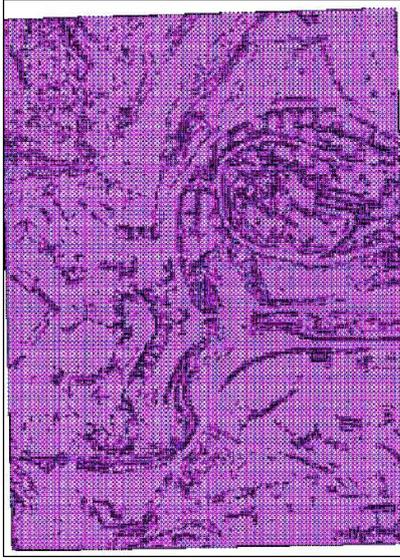


Imagen 51. Generación de geometría en la zona de estudio con el Software IBER a partir del MDT.
Fuente: Elaboración propia mediante procesamiento de MDT en IBER.

5.3. CONDICIONES DEL MODELO Y RUGOSIDAD.

Una vez obtenido el RTIN a través del MDT antes mencionado, se procede a introducir las Condiciones de Entrada (caudal de entrada) y las de Salida al modelo.

Se ha utilizado un régimen con flujo estacionario, correspondiente a los caudales de máxima avenida calculados en el Estudio Hidrológico que se incluye en el presente documento. Estos caudales constantes se han introducido, en cada caso, como flujo de entrada en el tramo estudiado, a partir del cual, el programa realiza toda la simulación.

Posteriormente, se le asigna las condiciones internas (condiciones iniciales de la zona de estudio), así como los valores de Rugosidad del terreno.

CONDICIONES DEL MODELO

Arroyo del Cuarto

En la imagen siguiente se delimita la zona en la que se ha definido la condición de contorno de entrada del caudal, representada mediante una línea de color amarillo. Para la simulación correspondiente a un período de retorno de 500 años ($T=500$), se ha establecido un caudal de $17,70 \text{ m}^3/\text{s}$, considerando que el flujo en la entrada puede presentar un régimen crítico o subcrítico.

5.2. GEOMETRÍA Y MÉTODO UTILIZADO.

Dicho MDT se ha incorporado al programa IBER a través de un archivo RTIN, al que se le ha asignado un valor de tolerancia 0,2 m, un lado

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Diaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	19/24
Url De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		



Asimismo, la condición de contorno de salida de caudal se ha aplicado en el tramo del perímetro de la geometría señalado con una línea de color rosa, asumiendo en esta zona un régimen de flujo supercrítico o crítico.

Como condición hidrodinámica inicial, se ha considerado que toda la superficie del dominio de cálculo, incluido el cauce, se encuentra en estado seco (calado=0).



Imagen 52. Condiciones de contorno del modelo de cálculo hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

RUGOSIDAD

En la zona de estudio, se requiere evaluar la rugosidad, la cual se determina a partir de los datos públicos proporcionados por las Administraciones sobre los diversos usos y coberturas del suelo en el área. Esto es fundamental para simular el comportamiento de los caudales mencionados previamente en el modelo IBER.

Para este propósito, se emplean los datos de usos y coberturas de suelo definidos a nivel nacional en el proyecto Corine Land Cover (2018). Además, los coeficientes de rugosidad de Manning específicos para los diferentes tipos de usos presentes en nuestra zona de estudio se obtuvieron de la Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, publicada por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino en 2011.

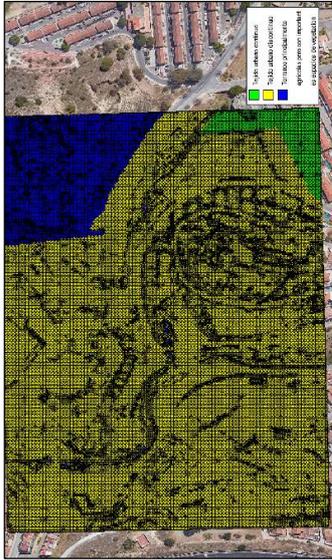


Imagen 53. Usos del suelo asignados en IBER al área de estudio.

Fuente: Elaboración propia a partir de archivo ráster usos del suelo CLC 2018 procesado en IBER.

5.4. MALLADO.

Para la computación de la simulación es necesario generar la malla. IBER cuenta con diferentes opciones de mado, pero, en cualquier caso, la malla que utilizemos, así como el tamaño de los elementos de esta, dependerá del mayor o menor detalle que necesitemos. Para lograr un mayor detalle tendremos que generar un mayor número de elementos lo que implicará establecer un tamaño de elemento menor.

Para este modelo, el mado que vamos a generar en IBER será igual al RTIN que sirvió para importar el IMDT. De esta forma, se creará una malla estructurada de superficies con una división por línea, o lo que es lo mismo, crearemos un elemento de malla por cada elemento de superficie creado en la geometría del RTIN.

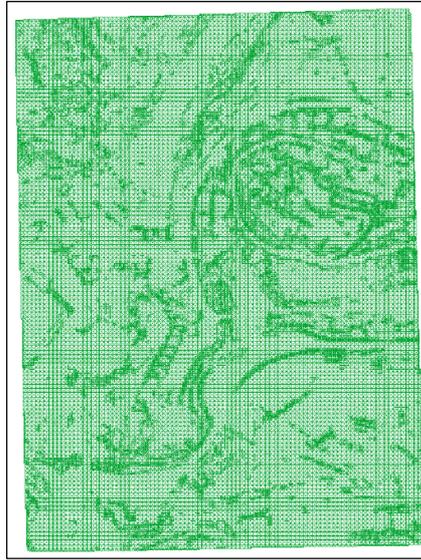


Imagen 54. Resultado del mado de la geometría generada a partir del RTIN.

Fuente: Elaboración propia a partir del programa IBER.

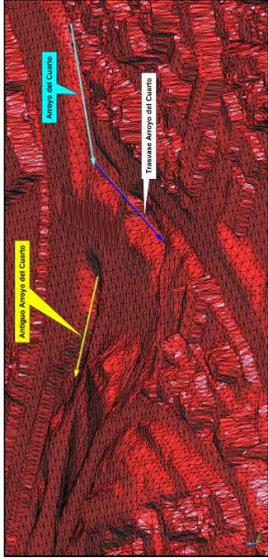


Imagen 55. Panorámica del mado de la geometría en la zona del Trásvase del Arroyo del Cuarto.

Fuente: Elaboración propia a partir del programa IBER.

5.5. OBRAS DE PASO.

En el ámbito de estudio se ha procedido a la modelización hidráulica de las obras de drenaje transversal que interceptan tanto el cauce natural del Arroyo del Cuarto como el canal del Trásvase del Arroyo del Cuarto. Estas infraestructuras tienen una influencia determinante sobre el régimen de flujo en situación de avenida, alterando las condiciones de escorrentía y modulando la distribución de caudales a lo largo del tramo analizado.

Siguiendo el curso del Arroyo del Cuarto en dirección norte-sur, dentro del ámbito de estudio y antes del inicio del trásvase, se han identificado y modelizado dos estructuras de drenaje con sección rectangular de 3,00 m x 3,35 m.

En el cauce del trásvase, la siguiente obra de drenaje intercepta la calle Ronda Leonardo, manteniendo unas dimensiones aproximadas de 3,00 m x 3,35 m. Aguas abajo, tras un tramo a cielo abierto de aproximadamente 25 m, con sección trapezoidal y un área hidráulica en torno a 75 m², el flujo es conducido a través de un túnel de aproximadamente 140 m de longitud, hasta que el cauce del trásvase del Arroyo del Cuarto vuelve a estar a cielo abierto.

Para optimizar la simulación en el software IBER, estas dos últimas obras de drenaje han sido representadas como una única estructura de drenaje con una sección de 3,00 m x 3,35 m, extendiéndose desde la boca de entrada de la obra que cruza la calle Ronda Leonardo hasta el punto de salida del túnel.

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Díaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	20/24
Url De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		



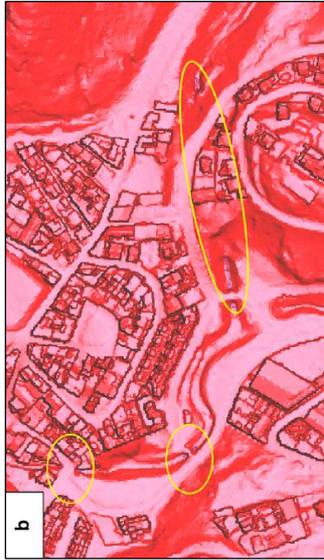


Imagen 56 (a y b) ODT modelizadas en IBER

Fuente: Elaboración propia a partir del programa IBER.

5.6. DATOS DEL PROGRAMA DE CÁLCULO.

Por último, hay que introducir los parámetros del problema para realizar la computación consistente en:

- **Parámetros de tiempo.**
En esta pestaña indicamos los parámetros de tiempo para realizar la simulación:
 - **Simulación:** Podemos comenzar una nueva simulación o continuar con una que ya se ha ejecutado hasta un instante concreto.
 - **Instante inicial (s):** Primer instante del que queremos obtener los resultados.
 - **Tiempo máximo de simulación (s):** Último instante que queremos simular. Se harán simulaciones de 1000 s.
 - **Intervalo de resultados (s):** Aquí debemos indicar cada cuántos segundos queremos que el programa nos muestre los resultados. Se obtendrán los resultados cada 5 s.
 - **Opciones de tiempo.** Podemos ocultar las opciones de tiempo o mostrarlo.

- **Parámetros generales.**
- **Número de procesadores:** IBER puede lanzar un cálculo paralelo con el número de procesadores que se desee. Si se indica un número de procesadores mayor al existente IBER utilizará el máximo de procesadores posibles.
- **Esquema numérico:** Tenemos la opción de escoger un esquema numérico de primer orden o de segundo orden.
- **CFL:** Valor del número de Courant-Friedrichs-Levy para conseguir un esquema numérico estable.
- **Límite Seco - Mojado:** Umbral para considerar que un elemento está seco y que no se debe realice ningún cálculo hidrodinámico en él. IBER aplica por defecto un umbral de 0.01 metros lo que significa que se considerará que un elemento está seco cuando presenta una lámina de agua menor de 1 cm.
- **Método de secado:** Existen 3 métodos aplicables:
 - o **Normal:** IBER considerará un elemento como seco cuando éste tenga un "calado negativo", de manera que para que vuelva a estar mojado el elemento debe llenar antes este "calado negativo". Es un método robusto y con el cual el tiempo de cálculo no depende del proceso de secado-mojado.
 - o **Estricto:** Impide que exista el "calado negativo" por lo que se gana precisión en el proceso de mojado y secado. Este método reduce el incremento de tiempo de cálculo por lo que aumenta el tiempo de cálculo total.
 - o **Hidrológico:** Es el método recomendado al realizar cálculos hidrológicos ya que en estos casos los otros dos métodos pueden producir inestabilidades (p.e. cálculo de transformación lluvia escorrentía).



Imagen 57. Calado del agua alcanzada en las zonas de interés.

Fuente: Resultados del programa IBER.

5.8.2. Evaluación del caudal derivado por el trasvase del Arroyo del Cuarto.

Los resultados de la simulación hidráulica realizada con IBER evidencian que, para un caudal de avenida de 17,70 m³/s (período de retorno de 500 años), la infraestructura diseñada para desviar los caudales del Arroyo del Cuarto hacia el trasvase resulta insuficiente. En consecuencia, parte de la escorrentía excedente se canaliza por el antiguo cauce del arroyo.

En la siguiente imagen se presentan los resultados de la modelación hidráulica efectuada con el software IBER, donde se ha calculado el caudal específico (m³/s) en las zonas potencialmente afectadas por la inundación.

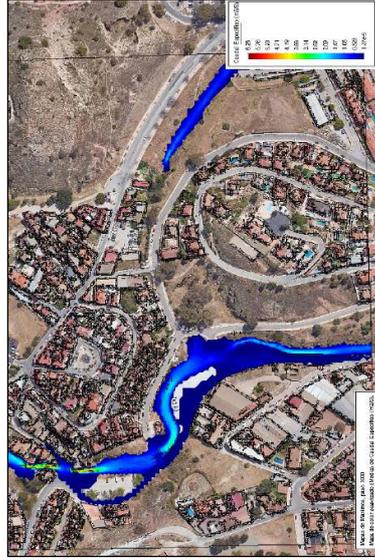


Imagen 58. Caudal específico alcanzado en las zonas de interés.

Fuente: Resultados del programa IBER.

5.7. CONJUNTO DE SIMULACIONES.

Para el presente estudio se realizan las siguientes simulaciones:

- Simulación de la zona de estudio para el caudal del Arroyo del Cuarto con período de retorno de T = 500 años.

5.8. RESULTADOS.

- 5.8.1. Representación del calado máximo en el ámbito de estudio.
Tras la incorporación de los datos de entrada en el software IBER y la posterior ejecución de la simulación, se presenta a continuación el resultado de la distribución espacial del calado máximo alcanzado en las zonas de interés, derivado del caudal de avenida asociado a un período de retorno de 500 años (17,70 m³/s).

El análisis de los resultados obtenidos a partir de la modelación hidráulica en IBER pone de manifiesto que, para el caudal de avenida considerado, el flujo supera la cota del terreno previamente modificada para facilitar el trasvase del Arroyo del Cuarto hacia el Arroyo Los Angeles, generando un desbordamiento y la consecuente redistribución de los excedentes hídricos hacia el antiguo cauce del Arroyo del Cuarto.

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Díaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	21/24
Url De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		



Para evaluar el caudal máximo derivado hacia el travesado y el trasvase —y distinguirlo del caudal que sobrepasa la capacidad de la infraestructura viaria y se dirige a la arqueta del sector ATU-RIO-R.10 "SALYT"— se siguió el siguiente procedimiento:

- Integración del caudal específico:**
En IBER, el valor denominado "caudal específico" (m^3/s) representa la descarga por unidad de ancho. Por ello, para obtener el caudal total (m^3/s) en una sección o tramo, es necesario integrar la contribución de todas las celdas a lo largo de una línea de control.
- Definición de secciones de aforo:**
Durante el postprocesado se trazaron líneas perpendiculares a la dirección principal del flujo en las zonas de interés. El software integra automáticamente el caudal específico de cada celda o segmento que cruza estas secciones, proporcionando así el caudal total que las atraviesa.

La imagen siguiente ilustra las secciones definidas para el cálculo del caudal, y a continuación se presentan tres imágenes que muestran los hidrogramas resultantes correspondientes: a) sección 1, b) sección 2 y c) sección 3.



Imagen 59. Secciones para calcular hidrogramas de interés.
Fuente: Resultados del programa IBER.

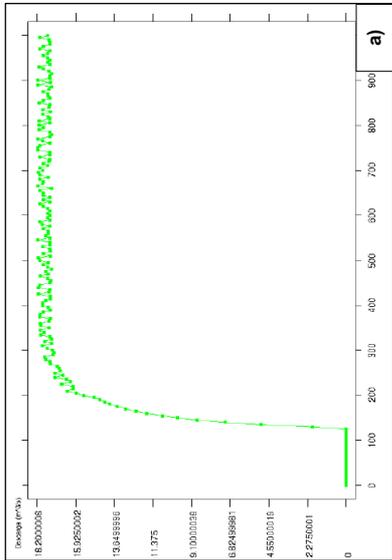


Imagen 60. a), b), c). Hidrogramas resultantes en las secciones de interés analizadas.
Fuente: Resultados del programa IBER.

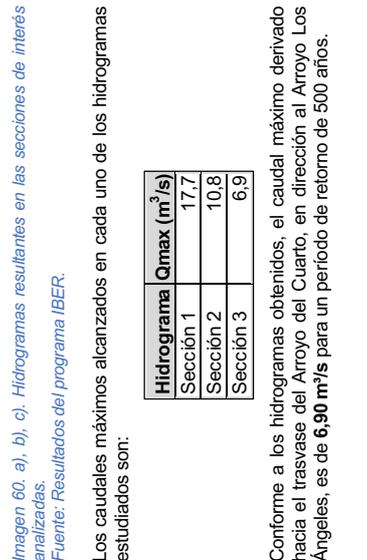


Imagen 60. a), b), c). Hidrogramas resultantes en las secciones de interés analizadas.
Fuente: Resultados del programa IBER.

Imagen 60. a), b), c). Hidrogramas resultantes en las secciones de interés analizadas.
Fuente: Resultados del programa IBER.

Imagen 60. a), b), c). Hidrogramas resultantes en las secciones de interés analizadas.
Fuente: Resultados del programa IBER.

Imagen 60. a), b), c). Hidrogramas resultantes en las secciones de interés analizadas.
Fuente: Resultados del programa IBER.

Imagen 60. a), b), c). Hidrogramas resultantes en las secciones de interés analizadas.
Fuente: Resultados del programa IBER.

Imagen 60. a), b), c). Hidrogramas resultantes en las secciones de interés analizadas.
Fuente: Resultados del programa IBER.

Imagen 60. a), b), c). Hidrogramas resultantes en las secciones de interés analizadas.
Fuente: Resultados del programa IBER.

Imagen 60. a), b), c). Hidrogramas resultantes en las secciones de interés analizadas.
Fuente: Resultados del programa IBER.

Imagen 60. a), b), c). Hidrogramas resultantes en las secciones de interés analizadas.
Fuente: Resultados del programa IBER.

Imagen 60. a), b), c). Hidrogramas resultantes en las secciones de interés analizadas.
Fuente: Resultados del programa IBER.

Imagen 60. a), b), c). Hidrogramas resultantes en las secciones de interés analizadas.
Fuente: Resultados del programa IBER.

Imagen 60. a), b), c). Hidrogramas resultantes en las secciones de interés analizadas.
Fuente: Resultados del programa IBER.

Imagen 60. a), b), c). Hidrogramas resultantes en las secciones de interés analizadas.
Fuente: Resultados del programa IBER.

Imagen 60. a), b), c). Hidrogramas resultantes en las secciones de interés analizadas.
Fuente: Resultados del programa IBER.

Hidrograma	Qmax (m^3/s)
Sección 1	17,7
Sección 2	10,8
Sección 3	6,9

Los caudales máximos alcanzados en cada uno de los hidrogramas estudiados son:

Conforme a los hidrogramas obtenidos, el caudal máximo derivado hacia el trasvase del Arroyo del Cuarto, en dirección al Arroyo Los Angeles, es de $6,90 m^3/s$ para un período de retorno de 500 años.

6. CONCLUSIONES DEL ANALISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO.

El presente estudio ha permitido caracterizar de manera precisa la respuesta hidrológica e hidráulica de la cuenca de estudio, centrada en el cálculo del caudal de escorrentía en el punto de desagüe ubicado en la arqueta localizada al norte del sector ATU-RIO-R.10 "SALYT". A través del empleo integrado de HEC-HMS e IBER, se determinó que, para un evento pluvial con un período de retorno de 500 años, la cuenca genera en el punto de desagüe coincidente en dicha arqueta un caudal punta de $17,70 m^3/s$ en ausencia de trasvase. Sin embargo, al incorporar en el modelo el efecto de la infraestructura viaria—que, al interrumpir el cauce principal mediante la construcción de una calle, permite desviar parte del caudal hacia el Arroyo Los Angeles— se evidencia una reducción sustancial del caudal, dirigido a la arqueta, **alcanzándose un caudal punta de $10,80 m^3/s$** y una derivación de $6,90 m^3/s$ en el trasvase del Arroyo del Cuarto.



7. DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO

Obtenido el hidrograma previsto por la modelización para la sección de entrada, hemos comprobado distintas posibilidades de sección y pendiente para el diseño del conducto de encauzamiento.

Considerando el caudal punta de 10,80 m³/sg, se ha obtenido la siguiente tabla de resultados para conductos de Hormigón Armado y de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio, en diámetros 2.000 mm, 1800 mm y 1600 mm (ver figura 61).

Se confirman soluciones válidas en capacidad de desagüe y velocidades admisibles en HAEC Ø 2000 mm al 0,55% de pendiente, en PRFV Ø 1800 mm al 0,50 % de pendiente y PRFV Ø 1600 mm al 0,70 %.

Dichas pendientes son adecuadas de acuerdo con las pendientes naturales del terreno en la zona de actuación.

Las soluciones válidas se han procesado a través de la modelización SWMM de la E.P.A., versión 5.2, obteniendo un resultado satisfactorio para las condiciones de diseño establecidas no produciéndose desbordamientos ni sobreflujo.

Para ello se ha obtenido, a partir de los resultados del estudio hidrológico, hidrograma minuto a minuto en la sección superior y modelizado la red para su comprobación con los diámetros y pendientes seleccionados (figura 62).

Se acompañan, a continuación, imágenes del flujo en el conducto para cada una de las soluciones comentadas en las que se puede observar gráficamente su capacidad de desagüe ante el evento de avenida (figura 63). Se confirma el adecuado comportamiento de los conductos indicados ante la entrada del hidrograma de cálculo minuto a minuto.

(GenSwmm.Inp)			Caudal de comprobación: 10,8 m ³ /sg			Resultados comprobación		
Forma	Ø	Pte tramo	Nº Conductos	Material	n manning	Qmax sección		
CIRCULAR	2	1,00%	1	HAEC	0,015	14.192,71 U/s	Qt=10,83m ³ /s - Y=1,38m - V=4,69m/s - Ah:2,31	
CIRCULAR	2	0,80%	1	HAEC	0,015	12.694,35 U/s	Qt=10,8m ³ /s - Y=1,5m - V=4,26m/s - Ah:2,54	
CIRCULAR	2	0,60%	1	HAEC	0,015	10.993,63 U/s	Qt=10,81m ³ /s - Y=1,77m - V=3,67m/s - Ah:2,94	
CIRCULAR	2	0,55%	1	HAEC	0,015	10.525,60 U/s	Qt=9,79m ³ /s - Y=2m - V=3,12m/s - Ah:3,14	
CIRCULAR	1,8	1,05%	1	HAEC	0,015	10.990,95 U/s	Qt=10,82m ³ /s - Y=1,6m - V=4,53m/s - Ah:2,39	
CIRCULAR	1,8	1,00%	1	HAEC	0,015	10.716,31 U/s	Qt=9,97m ³ /s - Y=1,8m - V=3,92m/s - Ah:2,54	
CIRCULAR	1,8	0,90%	1	HAEC	0,015	10.166,39 U/s	Qt=9,45m ³ /s - Y=1,8m - V=3,72m/s - Ah:2,54	
CIRCULAR	1,8	1,00%	1	PRFV	0,009	17.860,52 U/s	Qt=10,84m ³ /s - Y=1,06m - V=6,95m/s - Ah:1,56	
CIRCULAR	1,8	0,80%	1	PRFV	0,009	15.974,94 U/s	Qt=10,81m ³ /s - Y=1,14m - V=6,37m/s - Ah:1,7	
CIRCULAR	1,8	0,70%	1	PRFV	0,009	14.943,19 U/s	Qt=10,88m ³ /s - Y=1,2m - V=6,04m/s - Ah:1,8	
CIRCULAR	1,8	0,50%	1	PRFV	0,009	12.629,30 U/s	Qt=10,82m ³ /s - Y=1,36m - V=5,24m/s - Ah:2,07	
CIRCULAR	1,6	1,00%	1	PRFV	0,009	13.035,04 U/s	Qt=10,87m ³ /s - Y=1,18m - V=6,82m/s - Ah:1,59	
CIRCULAR	1,6	0,90%	1	PRFV	0,009	12.376,81 U/s	Qt=10,8m ³ /s - Y=1,23m - V=6,51m/s - Ah:1,66	
CIRCULAR	1,6	0,80%	1	PRFV	0,009	11.668,97 U/s	Qt=10,83m ³ /s - Y=1,31m - V=6,15m/s - Ah:1,76	
CIRCULAR	1,6	0,70%	1	PRFV	0,009	10.915,32 U/s	Qt=10,8m ³ /s - Y=1,44m - V=5,68m/s - Ah:1,9	

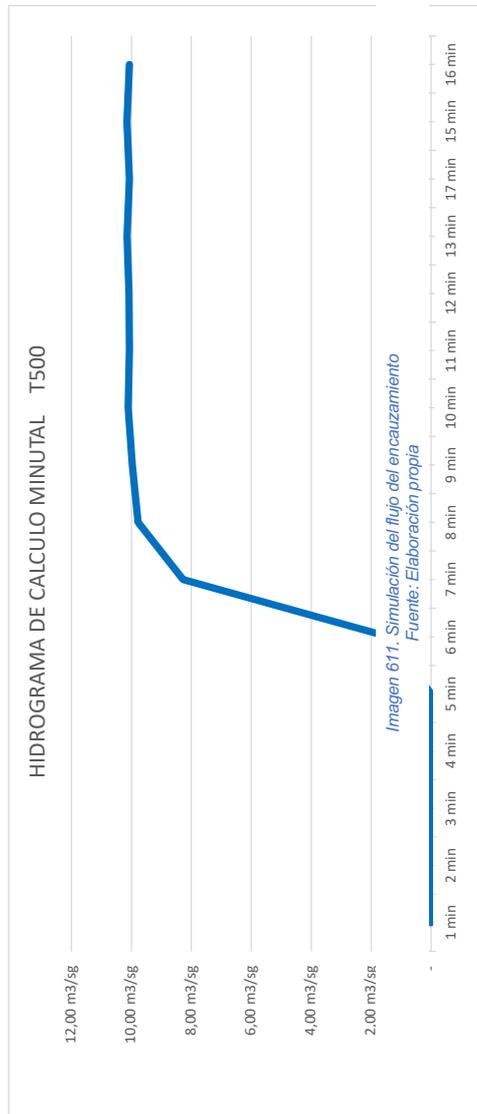


Imagen 622. Hidrograma de intervalo minuto a minuto
Fuente: Elaboración propia

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Diaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	23/24
Url De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		



Dominio Público Hidráulico de 3 m centrada con el eje en planta del conducto de encauzamiento a lo largo del trazado del mismo en el ámbito de la actuación urbanística.

8. PROPUESTA TÉCNICA DE DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO

Con los resultados obtenidos se recoge la siguiente propuesta técnica de dominio público hidráulico, que se atiene al ancho natural, aguas arriba del punto de inicio del encauzamiento hasta su entrada al colector de Salyt y al ancho del propio encauzamiento que en la actualidad no está carga al estar desviado el caudal aguas arriba.

Segun lo dispuesto en el art. 126 Ter apartado 2 del RDGH (texto consolidado RD 849/1986), indica lo siguiente:

"2. Como criterio general no será autorizable la realización de cubrimientos de los cauces ni la alteración de su trazado, sin perjuicio de la aplicación de lo establecido en los apartados 3, 4, y 5. En los casos excepcionales debidamente justificados en los que se plantee la autorización de cubrimientos, la sección será, en lo posible, visitable y dispondrá de los elementos necesarios para su correcto mantenimiento y en cualquier caso, deberá permitir el desague del caudal de avenida de 500 años de periodo de retorno."

Como se ha analizado y expuesto en el presente Estudio Hidrológico-hidráulico, el arroyo El Cuarto se encuentra cubierto mediante entubación a su paso por el sector de SALYT, actuando como colector unitario tanto de pluviales como de fecales, siendo necesario su reacondicionamiento y separación de flujos dentro del proyecto de desarrollo urbanístico planteado para la recuperación social y urbana de la parcela SALYT y desarrollado en el PLAN DE REFORMA INTERIOR DEL ATU-RI-O-R.10 "SALYT" en MÁLAGA con informe ambiental estratégico favorable, solicitándose en base al punto 2 del art. 126 Ter la autorización de forma excepcional del encauzamiento o estado cubierto actual del Arroyo del Cuarto a su paso por SALYT adaptándose el encauzamiento al PLAN DE REFORMA INTERIOR DEL ATU-RI-O-R.10 "SALYT" en tramitación y con aprobación medioambiental de Evaluación ambiental estratégica.

A su vez en base al punto 2 y desarrollando el apartado 7 del art. 126 Ter del RDGH (texto consolidado 849/1986), el presente Estudio hidrológico-hidráulico tiene por objetivo dar cumplimiento a lo solicitado en el apartado 7 que indica lo siguiente:

"7. Las nuevas urbanizaciones, polígonos industriales y desarrollos urbanísticos en general, deberán introducir sistemas de drenaje sostenible, tales como superficies y acabados permeables, de forma que el eventual incremento del riesgo de inundación se mitigue. A tal efecto, el expediente del desarrollo urbanístico deberá incluir un estudio hidrológico-hidráulico que lo justifique."

En definitiva, se determina que los conductos y disposiciones resallados en verde en el apartado anterior, adaptados al PRI del ATU-RI-O-R.10 SALYT cumplen con las condiciones necesarias para asegurar el desague del caudal de avenida de 500 años de periodo de retorno con adecuada garantía. Proponiéndose una anchura de

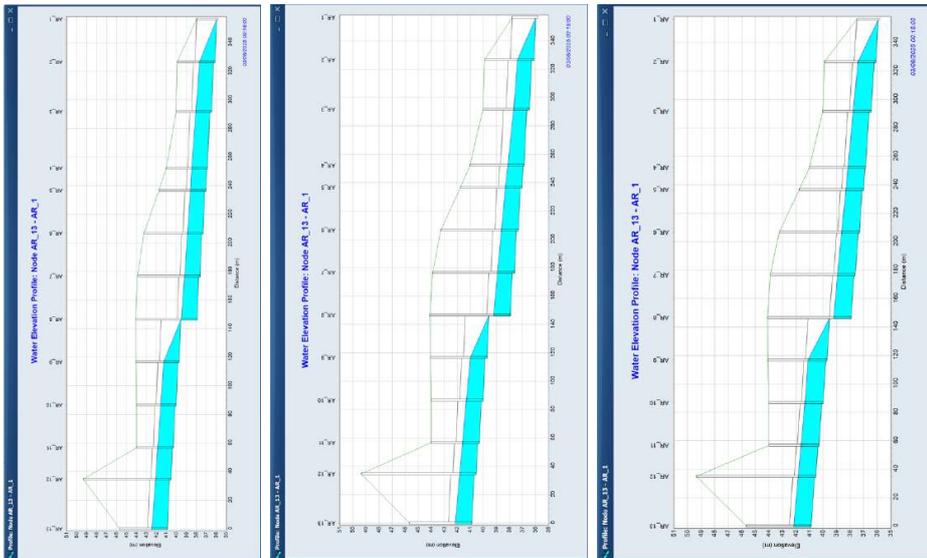


Imagen 633. Comportamiento de los conductos en Ø2000 HAEC, Ø1800 PRFV y Ø1600 PRFV
Fuente: Resultados del programa SWMM

Código Seguro De Verificación	43bsnZE9Bzn9arjfWrAw/Q==	Estado	Fecha y hora
Firmado Por	José Carlos Lanzat Diaz	Firmado	09/03/2026 16:12:43
Observaciones		Página	24/24
Uri De Verificación	https://valida.malaga.eu/verifirma/code/43bsnZE9Bzn9arjfWrAw%2FQ%3D%3D		
Normativa	Este informe tiene carácter de copia electrónica auténtica con validez y eficacia administrativa de ORIGINAL (art. 27 Ley 39/2015).		

