



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Estudio de alternativas de las redes de recogida de aguas
pluviales y aguas residuales para un nuevo desarrollo
urbanístico en Halton, Reino Unido

Presentado por

Fernández Herrero, Estefanía

Para la obtención del

Grado en Ingeniería Civil

Curso: 2021/2022

Fecha: febrero de 2022

Tutor: José Ferrer Polo

Cotutor: Daniel Aguado García





Glosario de términos.....	10
1 Introducción	11
1.1 Motivación	11
1.2 Alcance de este Trabajo	11
2 Marco Legislativo y Guías de Diseño.....	13
2.1 Legislación Estatal	13
2.2 Normativa Específica.....	14
2.3 Guías de Diseño.....	14
3 Caso de Estudio: Nuevo Desarrollo Residencial en Halton	16
3.1 Halton: localización y planes estratégicos de desarrollo	16
3.2 Nuevo Desarrollo Residencial	17
3.2.1 Localización	17
3.2.2 Usos históricos de la zona de estudio	19
3.2.3 Topografía	19
3.2.4 Geología	21
3.2.5 Redes públicas de saneamiento y cuerpos de agua superficial existentes.....	22
3.2.6 Riesgos de inundación.....	23
3.3 Descripción del Nuevo Desarrollo Residencial Propuesto	24
3.4 Estrategias de Drenaje Propuestas	25
3.4.1 Red de aguas pluviales	25
3.4.2 Red de aguas residuales	26
4 Red de Recogida de Aguas Pluviales	27
4.1 Alternativas Propuestas	27
4.2 Criterios de Diseño	28
4.2.1 Caudales de descarga y volúmenes de atenuación.....	28
4.2.2 Cálculo de los caudales de escorrentía	29



4.2.3	Cálculo de los volúmenes de escorrentía.....	31
4.2.4	Diseño de la red de drenaje y de las estructuras de atenuación	32
4.3	Metodología de Diseño	33
4.4	Diseño de las Redes de Aguas Pluviales Propuestas	34
4.4.1	Red de aguas pluviales 1	34
4.4.2	Red de aguas pluviales 2	36
4.5	Valoración Económica de las Redes de Aguas Pluviales Propuestas	37
5	Red de Recogida de Aguas Residuales	40
5.1	Alternativas Propuestas	40
5.2	Criterios de Diseño	41
5.3	Metodología de diseño	42
5.4	Diseño de Las Redes de Aguas Residuales Propuestas	43
5.4.1	Red de aguas residuales 1	43
5.4.2	Red de aguas residuales 2	44
5.5	Valoración Económica de Las Redes de Aguas Residuales Propuestas.....	46
6	Sostenibilidad y Valoración Ambiental	49
7	Conclusiones.....	51
	Apéndice A: Diseño de La Red de Aguas Pluviales 1	52
	A.1 Definición de la red de aguas pluviales 1	52
	A.2 Resultados de la simulación	57
	Apéndice B: Diseño de La Red de Aguas Pluviales 2	63
	B.1 Definición de la red de aguas pluviales 2.....	63
	B.2 Resultados de la simulación.....	69
	Apéndice C: Diseño de la Red de Aguas Residuales 1	76
	C.1 Definición de la red de aguas residuales 1	76
	C.2 Definición del sistema de bombeo 1	79
	Apéndice D: Diseño de la Red de Aguas Residuales 2.....	81



D.1 Definición de la red de aguas residuales 2	81
D.2 Definición de los sistemas de bombeo 2.....	84
Apéndice E: Valoración Económica	87
E.1 Red de aguas pluviales 1.....	87
E.2 Red de aguas pluviales 2.....	88
E.3 Red de aguas residuales 1.....	91
E.4 Red de aguas residuales 2.....	92
Apéndice F: Relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030	94
Referencias y Bibliografía.....	97

Listado de Figuras y Tablas

Figura 1. Localización y término municipal de Halton (imagen adaptada de Google Earth).....	16
Figura 2. Diagrama con las zonas estratégicas de desarrollo propuestas para el término municipal de Halton en el Plan Local de Halton. (Fuente: SD01 Delivery and Allocations Local Plan, Halton Borough Council.).....	17
Figura 3. Localización del nuevo desarrollo residencial propuesto dentro del plan local de Halton para el que se plantea el estudio de alternativas de redes de drenaje presentado en este trabajo (adaptación de SD01 Delivery and Allocations Local Plan, Halton Borough Council).....	18
Figura 4. Límites físicos de la parcela objeto de estudio (adaptación de Google Earth).	18
Figura 5. Evolución del desarrollo urbano de la zona objeto de estudio desde el año 2000 hasta el 2020 (adaptación de Google Earth).....	19
Figura 6. Curvas de nivel (imagen adaptada de https://streetmap.co.uk/)	20
Figura 7. Perfiles longitudinales del terreno existente (adaptado de Google Earth).....	20
Figura 8. Sustrato rocoso (imagen de la izquierda) y depósitos superficiales (imagen de la derecha) (adaptación de los mapas de la British Geological Survey).	21
Figura 9. Redes públicas de saneamiento y cuerpos de agua próximos a la parcela objeto de estudio (adaptación de Google Earth y de la información provista por United Utilities).....	22

Figura 10. Mapa de inundaciones relativo a la zona de estudio (adaptación de los mapas de la Environment Agency).....	24
Figura 11. Distribución de viviendas, carreteras y caminos de acceso propuestos para el nuevo desarrollo residencial (adaptación de Google Earth).....	25
Figura 12. Representación esquemática de la red de aguas pluviales 1 (adaptación de Google Earth).....	27
Figura 13. Representación esquemática de la red de aguas pluviales 2 (adaptación de Google Earth).....	28
Figura 14. Curva de factores de crecimiento para las distintas zonas geográficas de Reino Unido (figuras extraídas del Manual de sistemas de drenaje sostenible CIRIA Report 753)	31
Figura 15. Representación esquemática de la red de aguas pluviales 1 (adaptación de Google Earth).....	35
Figura 16. Representación esquemática de la red de aguas pluviales 2 (adaptación de Google Earth).....	36
Figura 17. Representación esquemática de la red de aguas residuales 1 (adaptación de Google Earth).....	40
Figura 18. Representación esquemática de la red de aguas residuales 2 (adaptación de Google Earth).....	41
Figura 19. Representación esquemática de la red de aguas residuales 1 (adaptación de Google Earth).....	43
Figura 20. Representación esquemática de la red de aguas residuales 2 (adaptación de Google Earth).....	45
Figura 21. Estructura de atenuación propuesta para la red pluvial 1a. Imagen extraída de Micro Drainage.	55
Figura 22. Placa de orificio propuesta para la red pluvial 1a. Imagen extraída de Micro Drainage.	55
Figura 23. Estructura de atenuación propuesta para la red pluvial 1b. Imagen extraída de Micro Drainage.	56



Figura 24. Placa de orificio propuesta para la red pluvial 1b. Imagen extraída de Micro Drainage	56
Figura 25. Estructura de atenuación propuesta para la red pluvial 2a. Imagen extraída de Micro Drainage.	65
Figura 26. Placa de orificio propuesta para la red pluvial 2a. Imagen extraída de Micro Drainage	66
Figura 27. Estructura de atenuación propuesta para la red pluvial 2b. Imagen extraída de Micro Drainage.	66
Figura 28. Placa de orificio propuesta para la red pluvial 2b. Imagen extraída de Micro Drainage	67
Figura 29. Estructura de atenuación propuesta para la red pluvial 2c. Imagen extraída de Micro Drainage.	67
Figura 30. Placa de orificio propuesta para la red pluvial 2c. Imagen extraída de Micro Drainage	68
Figura 31. Estructura de atenuación propuesta para la red pluvial 2d. Imagen extraída de Micro Drainage.	68
Figura 32. Placa de orificio propuesta para la red pluvial 2d. Imagen extraída de Micro Drainage	69
Figura 33. Curvas de funcionamiento de la bomba sumergible SLV.80.100.92.2.51D.C (Grundfos) para la red de recogida de aguas residuales 1 (https://product-selection.grundfos.com/es/size-product .).....	80
Figura 34. Curvas de funcionamiento de la bomba sumergible SEV.80.80.75.2.51D (Grundfos) para la red de aguas residuales 2a (https://product-selection.grundfos.com/es/size-product .)	85
Figura 35. Curvas de funcionamiento de la bomba sumergible SLV.80.80.75.2.51D.C (Grundfos) para la red de aguas residuales 2b (https://product-selection.grundfos.com/es/size-product .)	86

Tabla 1. Valores del índice de suelo en función del tipo de suelo que se describen en la Tabla 2 (información extraída del documento Rainfall runoff management for developments, Report - SC030219.)	29
Tabla 2. Características de los distintos tipos de suelo (tabla adaptada del Manual de sistemas de drenaje sostenible CIRIA Report 753).	30
Tabla 3. Características básicas de definición de las redes de recogida de aguas pluviales 1a y 1b.	35
Tabla 4. Características básicas de definición de las redes de recogida de aguas pluviales 2a, 2b, 2c y 2d.	37
Tabla 5. Valoración económica de las principales unidades de construcción que integran la red de aguas pluviales 1.	38
Tabla 6. Valoración económica de las principales unidades de construcción que integran la red de aguas pluviales 2.	38
Tabla 7. Características básicas de definición de la red de aguas residuales 1.....	43
Tabla 8. Características básicas de definición de la red de aguas residuales 2.....	45
Tabla 9. Valoración económica de las principales unidades de construcción que integran la red de aguas residuales 1.	47
Tabla 10. Valoración económica de las principales unidades de construcción que integran la red de aguas residuales 2.	47
Tabla 11. tCO ₂ e asociadas a las tuberías y pozos de inspección asociadas a la red de aguas pluviales 2.....	49
Tabla 12. tCO ₂ e asociadas a las tuberías y pozos de inspección asociadas a la red de aguas residuales 1.	50
Tabla 13. Características de la red pluvial 1a según se han definido en Micro Drainage.	52
Tabla 14. Características de la red pluvial 1b según se han definido en Micro Drainage.....	53
Tabla 15. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 1 año en la red pluvial 1a.	58
Tabla 16. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 30 años en la red pluvial 1a.	58



Tabla 17. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 100 años con un factor del 40% de Cambio Climático en la red pluvial 1a.....	59
Tabla 18. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 1 año en la red pluvial 1b.....	60
Tabla 19. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 30 años en la red pluvial 1b.....	61
Tabla 20. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 100 años con un factor del 40% de Cambio Climático en la red pluvial 1b.....	62
Tabla 21. Características de definición de la red pluvial 2a según se han definido en Micro Drainage.....	63
Tabla 22. Características de definición de la red pluvial 2b según se han definido en Micro Drainage.....	63
Tabla 23. Características de definición de la red pluvial 2c según se han definido en Micro Drainage.....	64
Tabla 24. Características de definición de la red pluvial 2d según se han definido en Micro Drainage.....	64
Tabla 25. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 1 año en la red pluvial 2a.....	69
Tabla 26. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 30 años en la red pluvial 2a.....	70
Tabla 27. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 100 años con un factor del 40% de Cambio Climático en la red pluvial 2a.....	70
Tabla 28. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 1 año en la red pluvial 2b.....	71
Tabla 29. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 30 años en la red pluvial 2b.....	71
Tabla 30. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 100 años con un factor del 40% de Cambio Climático en la red pluvial 2b.....	72



Tabla 31. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 1 año en la red pluvial 2c.	72
Tabla 32. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 30 años en la red pluvial 2c.	73
Tabla 33. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 100 años con un factor del 40% de Cambio Climático en la red pluvial 2c.	73
Tabla 34. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 1 año en la red pluvial 2d.	74
Tabla 35. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 30 años en la red pluvial 2d.	74
Tabla 36. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 100 años con un factor del 40% de Cambio Climático en la red pluvial 2d.	75
Tabla 37. Características de definición de la red de aguas residuales 1 según se han definido en Micro Drainage.	76
Tabla 38. Resultados de la red de aguas residuales 1 extraídos de Micro Drainage.	78
Tabla 39. Características de definición de la red de aguas residuales 2a según se han definido en Micro Drainage.	81
Tabla 40. Resultados de la red de aguas residuales 2a extraídos de Micro Drainage.	82
Tabla 41. Características de definición de la red de aguas residuales 2b según se han definido en Micro Drainage.	82
Tabla 42. Resultados de la red de aguas residuales 2b extraídos de Micro Drainage.	83
Tabla 43. Valoración económica de la instalación de las tuberías y de los pozos de inspección de la red de aguas pluviales 1.	87
Tabla 44. Valoración económica de la instalación del tanque de atenuación de la red pluvial 1a.	88
Tabla 45. Valoración económica de la construcción de la balsa de laminación de la red pluvial 1b.	88
Tabla 46. Valoración económica de la instalación de las tuberías y de los pozos de inspección de la red de aguas pluviales 2.	89



Tabla 47. Valoración económica de la construcción de balsa de laminación de la red pluvial 2a.	89
Tabla 48. Valoración económica de la construcción de balsa de laminación de la red pluvial 2b.	90
Tabla 49. Valoración económica de la construcción de balsa de laminación de la red pluvial 2c.	90
Tabla 50. Valoración económica de la construcción de balsa de laminación de la red pluvial 2d.	91
Tabla 51. Valoración económica de la instalación de las tuberías y de los pozos de inspección de la red de aguas residuales 1.	91
Tabla 52. Valoración económica del sistema de bombeo y tubería de impulsión de la red de aguas residuales 1.	92
Tabla 53. Valoración económica de la instalación de las tuberías y de los pozos de inspección de la red de aguas residuales 2.	92
Tabla 54. Valoración económica del sistema de bombeo y tubería de impulsión de la red de aguas residuales 2a.	93
Tabla 55. Valoración económica del sistema de bombeo y tubería de impulsión de la red de aguas residuales 2b.	93
Tabla 56. Grado de relación del presente Trabajo Final de grado con los ODS.	94

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- *Area (ha):* área en hectáreas.
- *Cap.:* capacidad.
- *Cover level:* nivel de cubierta.
- *DS D. Depth (m):* profundidad del pozo de inspección de aguas abajo, en metros.
- *DS/IL (m):* Nivel de base del pozo de inspección aguas abajo, en metros.
- *DS/MH name:* nombre del pozo de inspección de aguas abajo.
- *Event:* evento de lluvia para un período de retorno y una duración determinadas.
- *Fall (m):* cambio de nivel en metros.
- *Flow:* caudal.
- *GPR:* plástico reforzado con vidrio.
- *Houses:* casas.
- *Incoming pipe:* tubería de entrada en la dirección del flujo.
- *Invert level:* nivel de base, cota inferior.
- *mAoD:* metres above ordnance datum (metros sobre el nivel del mar).
- *Pipe DIA (mm):* diámetro de la tubería, en milímetros.
- *Pipe Flow (l/s):* caudal de tubería, en litros por segundo.
- *Pipe length (m):* longitud de tubería, en metros.
- *Pipe Number:* número de tubería.
- *Pro. Vel (m/s):* velocidad proporcional asociada al caudal calculado, en metros por segundo.
- *Pro vel at 1/3 Flow (m/s):* velocidad en la tubería llena a un tercio de su capacidad, en metros por segundo.
- *Velocity (m/s):* Velocidad del flujo calculada con la ecuación Colebrook White basada en condición de tubería llena a su capacidad total, en metros por segundo.
- *Outgoing pipe:* tubería de salida en la dirección del flujo.
- *Slope (1:X):* gradiente (1V:XH), donde V es vertical y H horizontal.
- *Surcharged Depth (m):* altura de sobrecarga de presión de agua, en metros.
- *US/CL (m):* Nivel del terreno en la localización del pozo de inspección aguas arriba.
- *US D. Depth (m):* profundidad del pozo de inspección de aguas arriba, en metros.
- *US/IL (m):* Nivel de base del pozo de inspección aguas arriba, en metros.
- *US/MH Diam/Len (mm):* Diámetro del pozo de inspección de aguas arriba, en milímetros.
- *US/MH number:* nombre del pozo de inspección aguas arriba.
- *Water Level (m):* nivel de agua, en metros.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 MOTIVACIÓN

La Organización de las Naciones Unidas, con motivo del Día Mundial del Agua, nos invitaba a preguntarnos el 22 de marzo de 2021: *¿Qué significa el agua para ti?*

El agua es un bien natural, único y necesario para la vida; y es con esta visión con la que se plantea este trabajo. Los sistemas de recogida de aguas no son solo un medio para fomentar la seguridad, salud e higiene de cada uno de nosotros, sino que pueden aportar un valor añadido a cada nuevo desarrollo que se plantea.

La Organización de *las Naciones Unidas* presenta los 17 objetivos y metas de desarrollo sostenible como *“el plan maestro para conseguir un futuro sostenible para todos. Se interrelacionan entre sí e incorporan los desafíos globales a los que nos enfrentamos día a día, como la pobreza, la desigualdad, el clima, la degradación ambiental, la prosperidad, la paz y la justicia. Para no dejar a nadie atrás, es importante que logremos cumplir con cada uno de estos objetivos para 2030”* (Miluska.Jara, 2020).

El estudio que se presenta a continuación se centra en el planteamiento y valoración de varias alternativas para la provisión de las redes de recogida de aguas pluviales y aguas residuales de un nuevo desarrollo residencial en Halton, Inglaterra. Los principales objetivos de desarrollo sostenible con los que se puede relacionar la propuesta presentada en este proyecto, tanto de forma directa como indirecta, son los siguientes:

- Objetivo 6: Agua limpia y Saneamiento
- Objetivo 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles
- Objetivo 13: Acción por el Clima
- Objetivo 15: Vida de Ecosistemas Terrestres

1.2 ALCANCE DE ESTE TRABAJO

Las siguientes secciones presentan el desarrollo y la valoración económica y ambiental de varias alternativas propuestas para la construcción de un sistema de drenaje separativo para un nuevo desarrollo residencial de 180 viviendas en el término municipal de Halton, Inglaterra.



En primer lugar, se expone el marco legislativo y normativo en el que se ubica el objeto de este trabajo. A continuación, se caracteriza físicamente el enclave en el que se sitúa el desarrollo propuesto. Una vez identificadas las infraestructuras de saneamiento existentes, y definido el desarrollo residencial planteado, se describen cualitativamente las estrategias de drenaje consideradas para el estudio de alternativas que se aborda en detalle en las siguientes secciones.

Posteriormente se desarrolla el diseño técnico de cada una de las alternativas consideradas y se realiza la valoración económica de las mismas. Este proceso se aplica a las redes de recogida de aguas pluviales en la sección 4, y a las redes de recogida de aguas residuales en la sección 5. Una vez identificadas las alternativas más económicas, se procede a realizar la valoración ambiental de las alternativas seleccionadas, y se finaliza exponiendo las conclusiones extraídas a partir del estudio desarrollado.

2 MARCO LEGISLATIVO Y GUÍAS DE DISEÑO

2.1 LEGISLACIÓN ESTATAL

El Marco de Planificación Política Nacional de 2012 de Reino Unido (GOV.UK, 2012), con sus correspondientes actualizaciones de 2018 y 2019, y las *Guías de Planificación Política Nacional de Cambio Climático y de Riesgos de Inundación* (GOV.UK, 2021), establecen las consideraciones mínimas que han de implantarse para cualquier desarrollo urbanístico a nivel nacional. En este marco se establece la necesidad de realización de estudios estratégicos de inundación y se limitan las construcciones permitidas en aquellas zonas identificadas con potenciales riesgos de inundación. Además, se disponen los parámetros mínimos y máximos de cambio climático que han de considerarse para los datos de lluvia existentes para nuevos desarrollos, y que dependen de su localización geográfica.

En 2010 se publicó la *Ley de Inundaciones y de Gestión del Agua* (Flood and Water Management Act 2010), donde se introdujo la figura de las Autoridades Locales de Inundaciones. A partir de la constitución de estas autoridades locales, la cual tuvo lugar durante los años siguientes, son las Autoridades Locales de Inundación las que desarrollan los estudios de inundación estratégicos, los planes locales de inundación, y las guías locales de sistemas de drenaje sostenible. Ellas son las responsables de aprobar las propuestas de recogida de aguas pluviales que se presentan con cada proyecto al ayuntamiento correspondiente. Por tanto, son las agencias locales las responsables de establecer los criterios de diseño específicos que han de implementarse en los desarrollos propuestos dentro de sus términos municipales.

Además, dependiendo de la propuesta planteada, se necesita la aprobación formal de terceras partes, incluyendo las compañías de agua, las empresas encargadas de la operación y mantenimiento de las redes de saneamiento y de los cuerpos de agua, en los que se solicita descargar los caudales recogidos en los nuevos desarrollos. Dependiendo de las propuestas de conexión y descarga, también podría requerirse la aprobación por parte de la Agencia de Medio Ambiente de Reino Unido. La Agencia de Medio Ambiente es la responsable de la clasificación de los cuerpos de agua y mantiene la responsabilidad de los clasificados como ríos principales. Por tanto, en los casos en los que las descargas de agua superficial se realizan en un río principal, la Agencia de Medio Ambiente es la responsable de aceptar o rechazar las propuestas que se plantean.

Por último, las redes de drenaje propuestas han de estar en cumplimiento con la parte de drenaje de la normativa de edificación (*The Building Regulations 2015 – Part H*) (RIBA, 2015). Esta normativa se encarga de que las obras nuevas de edificación, reformas y renovaciones, tanto residenciales como comerciales, sean seguras y saludables.

2.2 NORMATIVA ESPECÍFICA

Las propuestas que se presentan en este trabajo deben estar en cumplimiento con el Plan Local de Desarrollo de la autoridad local de Halton (Halton Borough Council, 2019).

La Autoridad Local de Inundaciones de Halton deberá aprobar la estrategia de drenaje propuesta para el nuevo desarrollo. United Utilities, que es la compañía de agua responsable de las redes de saneamiento de la región, deberá aprobar la conexión y descarga propuestas para la red de aguas residuales. Peel, siendo la compañía explotadora del Canal Bridgewater, deberá aprobar las propuestas de conexión y descarga para la red de recogida de aguas pluviales.

2.3 GUÍAS DE DISEÑO

Las guías técnicas de diseño que se han utilizado para el planteamiento de las redes de drenaje que se proponen en este trabajo son las siguientes:

- *Manual de diseño de sistemas de drenaje sostenible publicado por CIRIA en 2015 (The SuDS Manual, CIRIA Report 753)* (Woods Ballard, B., et al, 2015). Este manual es una guía de diseño que contiene toda la información relativa al proceso de diseño y mantenimiento de sistemas de drenaje sostenible. Es una publicación de libre distribución y pretende ayudar a crear mejores espacios aplicando todos los principios a considerar para el desarrollo sistemas de drenaje sostenible.
- *Guía de diseño y construcción para las redes de recogida de aguas residuales y aguas pluviales ofrecidas para la adopción a las compañías de agua bajo los acuerdos del código de adopción*, conocido como “El Código” y publicado por Water UK en abril de 2020. Esta guía de diseño recoge los criterios de diseño y construcción de las redes de drenaje que han de implementarse cuando se van a ofrecer para su adopción por parte de las compañías públicas de agua. No obstante, es práctica común desarrollar el diseño y construcción de las redes de drenaje privadas en base



a esta especificación y, por tanto, va a considerarse como la principal guía de diseño técnica para este trabajo.

- Las guías de diseño británicas publicadas para el diseño de sistemas de drenaje producidas por el Grupo BSI (British Standards Institution), incluyendo *BS EN 752:2017 Sistemas de drenaje fuera de edificios. Manejo de redes de drenaje* (BSI, 2018). Estas guías de diseño se han desarrollado con el objetivo de estandarizar procesos y, aunque no son de obligado cumplimiento, se considera que es buena práctica su utilización como guía de diseño al estar reconocidas y aceptadas de forma generalizada por la industria.

3 CASO DE ESTUDIO: NUEVO DESARROLLO RESIDENCIAL EN HALTON

3.1 HALTON: LOCALIZACIÓN Y PLANES ESTRATÉGICOS DE DESARROLLO

Halton es un municipio situado en Cheshire, al noroeste de Inglaterra. El municipio tiene una población de 128,432 habitantes y comprende los asentamientos de Moore, Daresbury, Preston-on-the-Hill y Hale Village.

Halton se encuentra en la parte alta del estuario del Río Mersey, clasificado como área natural protegida, que forma parte de la red RAMSAR.

La Figura 1 muestra la extensión municipal de Halton y su localización.

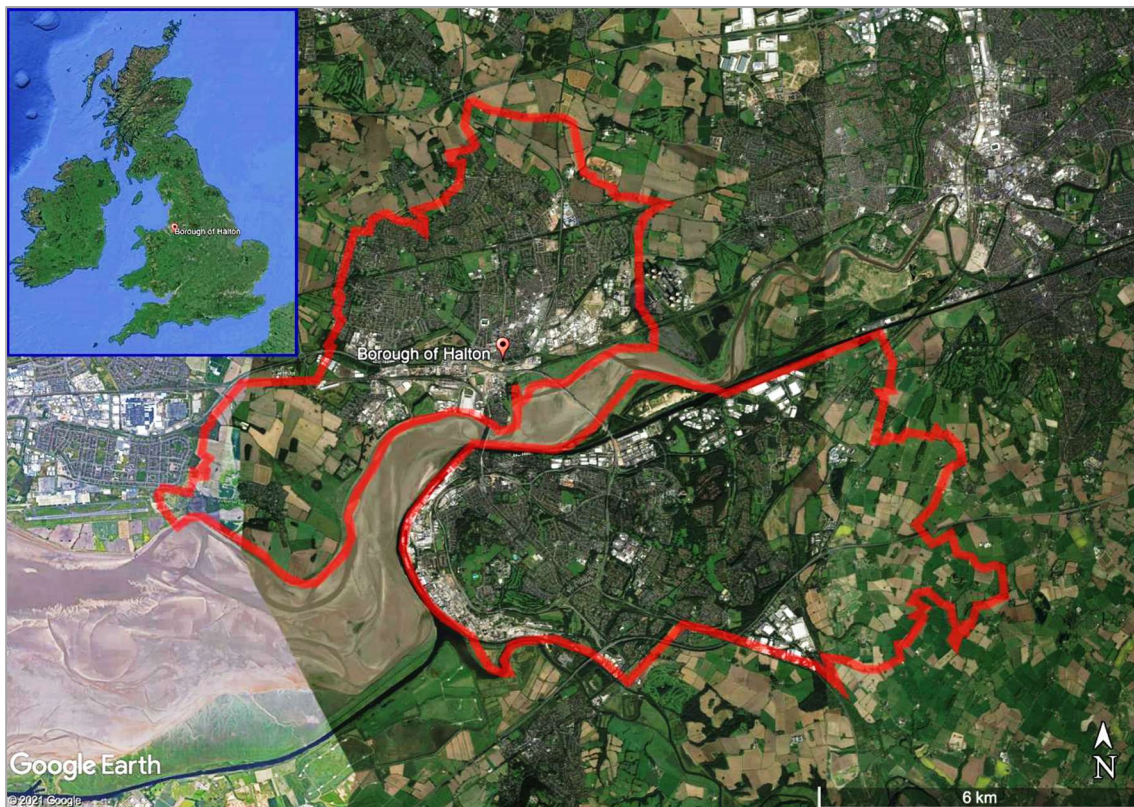


Figura 1. Localización y término municipal de Halton (imagen adaptada de Google Earth).

El Plan Local de Halton (Halton Borough Council, 2019) presenta la estrategia de crecimiento sostenible del municipio para el periodo de tiempo comprendido entre 2014 y 2037. Dicho plan tiene el objetivo de fomentar el desarrollo económico del municipio manteniendo una visión holística de los aspectos fundamentales que puedan influir en este objetivo, incluyendo el transporte, el ocio, la vivienda, las infraestructuras críticas; y afrontando las necesidades de la población existente.

La Figura 2 muestra la propuesta del plan local donde se presentan las zonas asignadas para los distintos tipos de desarrollos estratégicos en Halton. Como puede verse, aproximadamente un tercio del territorio del municipio está catalogado como cinturón verde.

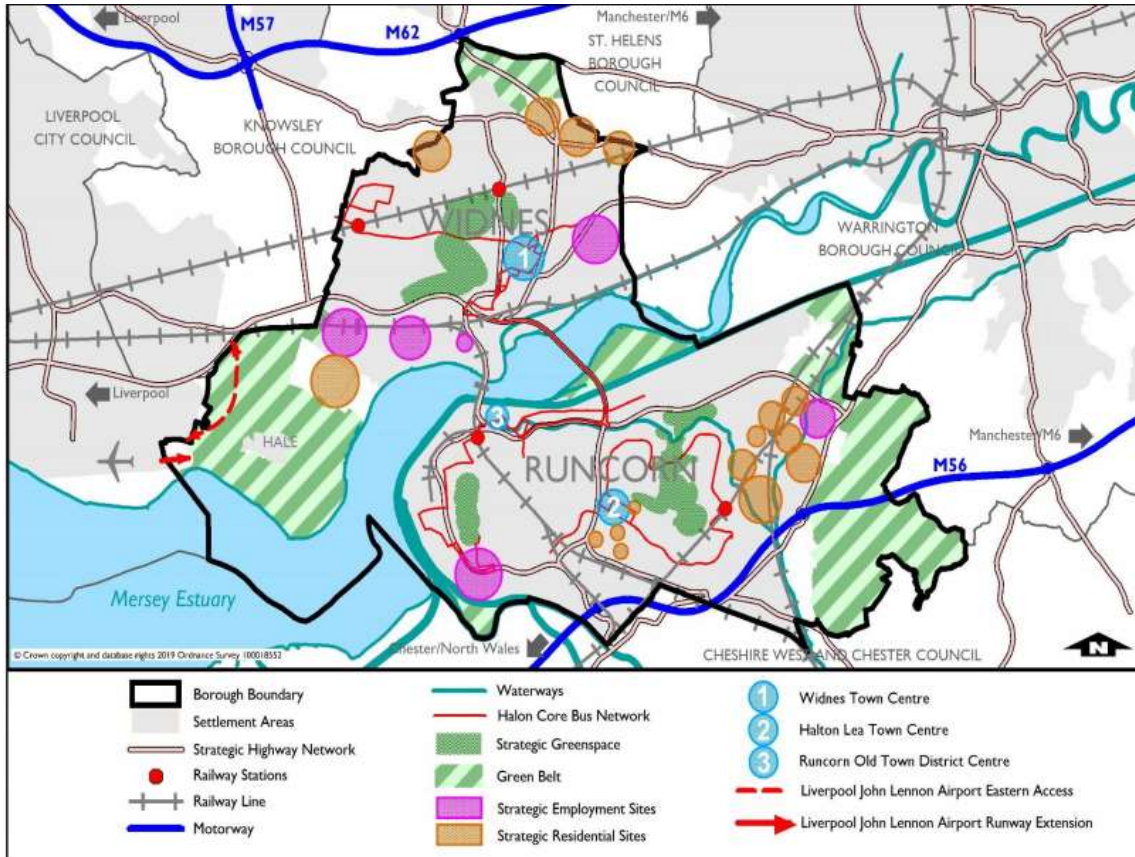


Figura 2. Diagrama con las zonas estratégicas de desarrollo propuestas para el término municipal de Halton en el Plan Local de Halton. (Fuente: SD01 Delivery and Allocations Local Plan, Halton Borough Council.)

3.2 NUEVO DESARROLLO RESIDENCIAL

3.2.1 Localización

El presente trabajo se centra en el diseño y valoración económica de varias alternativas propuestas para las redes de drenaje en un nuevo desarrollo residencial localizado en una zona residencial estratégica identificada dentro del plan local de Halton.

La localización del desarrollo propuesto se muestra en la Figura 3.

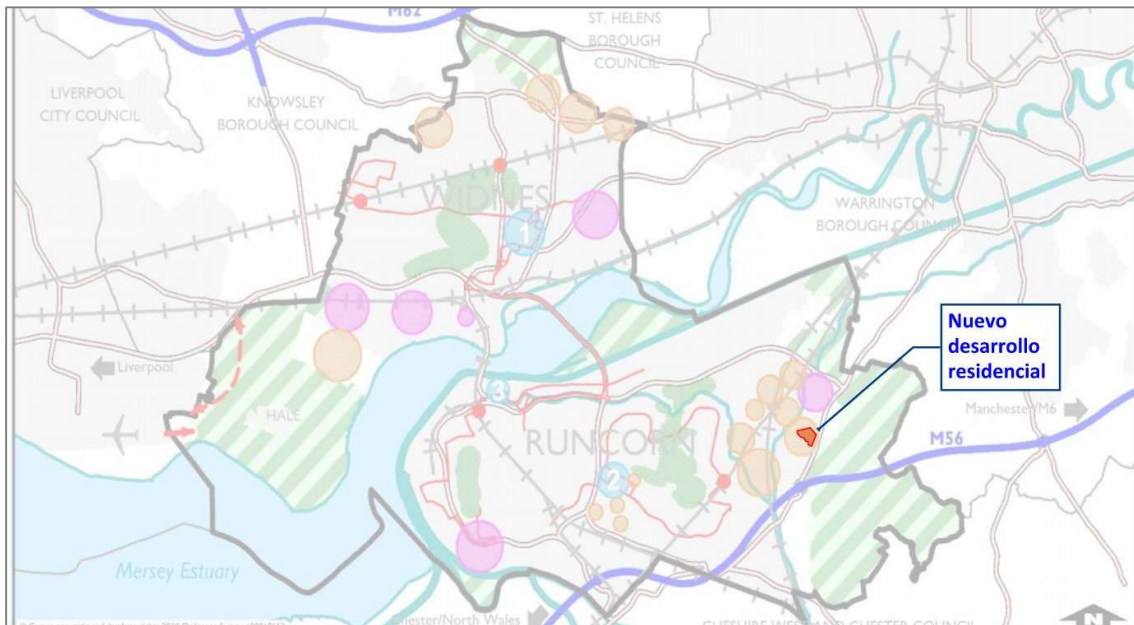


Figura 3. Localización del nuevo desarrollo residencial propuesto dentro del plan local de Halton para el que se plantea el estudio de alternativas de redes de drenaje presentado en este trabajo (adaptación de SD01 Delivery and Allocations Local Plan, Halton Borough Council).

El nuevo desarrollo está limitado al norte por la calle Delph Lane y un grupo de casas residenciales de lujo, al este por la carretera Chester Road, al sur por un cauce de agua y un conjunto de lagunas artificiales, y al oeste por una parcela de uso rural sin desarrollar. La Figura 4 muestra los límites físicos de la parcela propuesta para el desarrollo.



Figura 4. Límites físicos de la parcela objeto de estudio (adaptación de Google Earth).

3.2.2 Usos históricos de la zona de estudio

El desarrollo se plantea en una parcela rural sin construcciones previas. Como puede observarse en la Figura 5, en 2005 se empezó a construir el complejo de oficinas situado al sur del enclave, separado por un curso de agua y un conjunto de lagunas conectadas entre sí.



Figura 5. Evolución del desarrollo urbano de la zona objeto de estudio desde el año 2000 hasta el 2020 (adaptación de Google Earth)

3.2.3 Topografía

Los niveles de la parcela descienden en dirección noreste-suroeste desde un nivel máximo de 62mAoD hasta un nivel mínimo de 50mAoD. La Figura 6 muestra las curvas de nivel en la zona objeto de estudio.



Figura 6. Curvas de nivel (imagen adaptada de <https://streetmap.co.uk/>)

La Figura 7 muestra tres perfiles del terreno existente creados con Google Earth. Como puede verse, el terreno se eleva desde los puntos más bajos situados a lo largo del cauce de agua y del límite oeste, con ascenso constante hacia Delph Lane y Chester road.

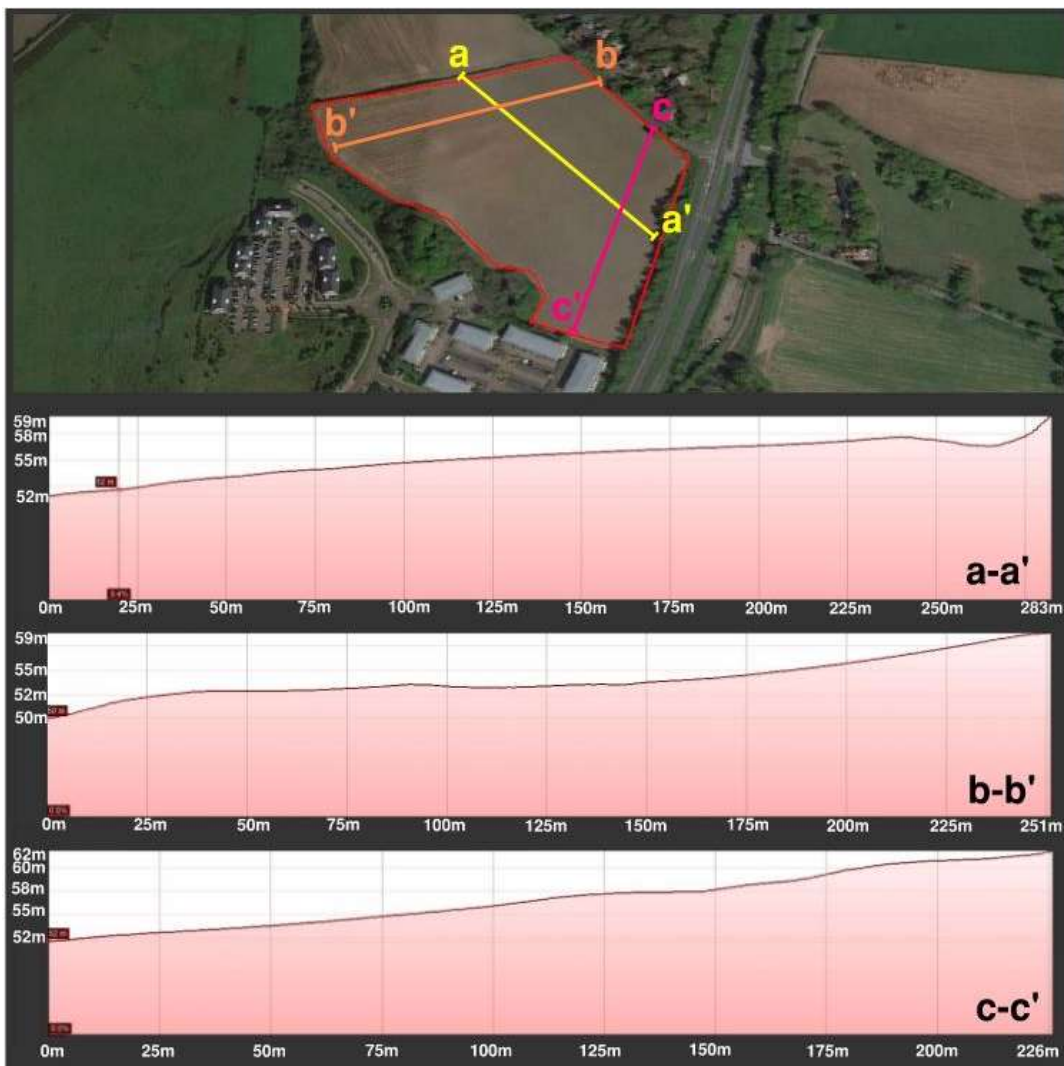


Figura 7. Perfiles longitudinales del terreno existente (adaptado de Google Earth)

3.2.4 Geología

La *Sociedad Geológica* Británica (British Geological Survey) clasifica la naturaleza del suelo de la zona como se describe a continuación.

Los depósitos superficiales están compuestos por till diamictón. Son sedimentos glaciares formados hace dos millones de años aproximadamente, durante el período cuaternario. Están formados por un conjunto heterogéneo de sedimentos de distinta naturaleza y morfología. Según los registros, estos pueden comprender arcillas, arenas, gravas y cantos rodados.

El sustrato rocoso está clasificado como mudstone en los dos tercios situados más al sur de la parcela, y como roca arenisca en el tercio norte de la misma. El origen del sustrato rocoso se sitúa hace 242-247 millones de años, durante el período triásico. El mudstone se define como rocas sedimentarias de origen fluvial, lacustre o marítimo, formadas a partir de limo y arcilla. Es similar a la pizarra, pero con menos laminaciones. La arenisca, por su parte, se clasifica como roca sedimentaria de origen fluvial que pueden ser de grano grueso a fino y formado en lechos de ríos o estuarios cuando se identifican en zonas costeras.

Dada la naturaleza arcillosa del suelo se anticipa que no es posible la infiltración del agua de escorrentía en el terreno. Por tanto, las soluciones que se van a proponer para la red de aguas pluviales se basarán en la recogida, atenuación y descarga en los cuerpos de agua seleccionados.

La Figura 8 presenta la extensión en el plano de cada uno de los elementos descritos.

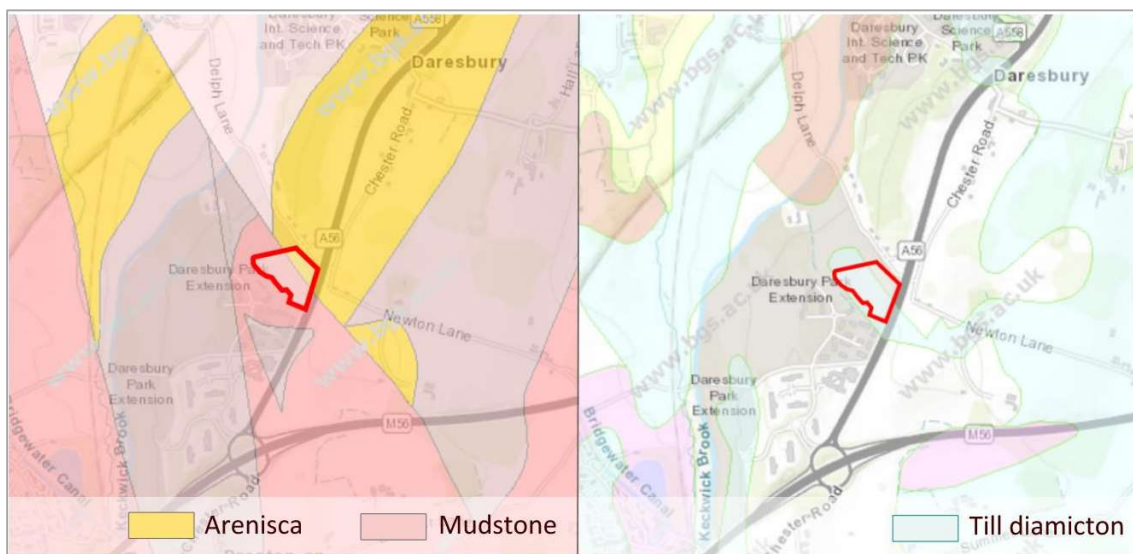


Figura 8. Sustrato rocoso (imagen de la izquierda) y depósitos superficiales (imagen de la derecha) (adaptación de los mapas de la British Geological Survey).

3.2.5 Redes públicas de saneamiento y cuerpos de agua superficial existentes

La red pública de saneamiento más cercana a la zona objeto de estudio se muestra en la Figura 9. Se trata de una red combinada de aguas pluviales y residuales que discurre en dirección norte. La red se sitúa a 400 metros medidos en línea recta desde el centro de la parcela en la que se propone el nuevo desarrollo, y está operada por *United Utilities - Water for the North West*.

Como se describe en las siguientes secciones, se propone descargar las aguas residuales del nuevo desarrollo en esta red combinada.

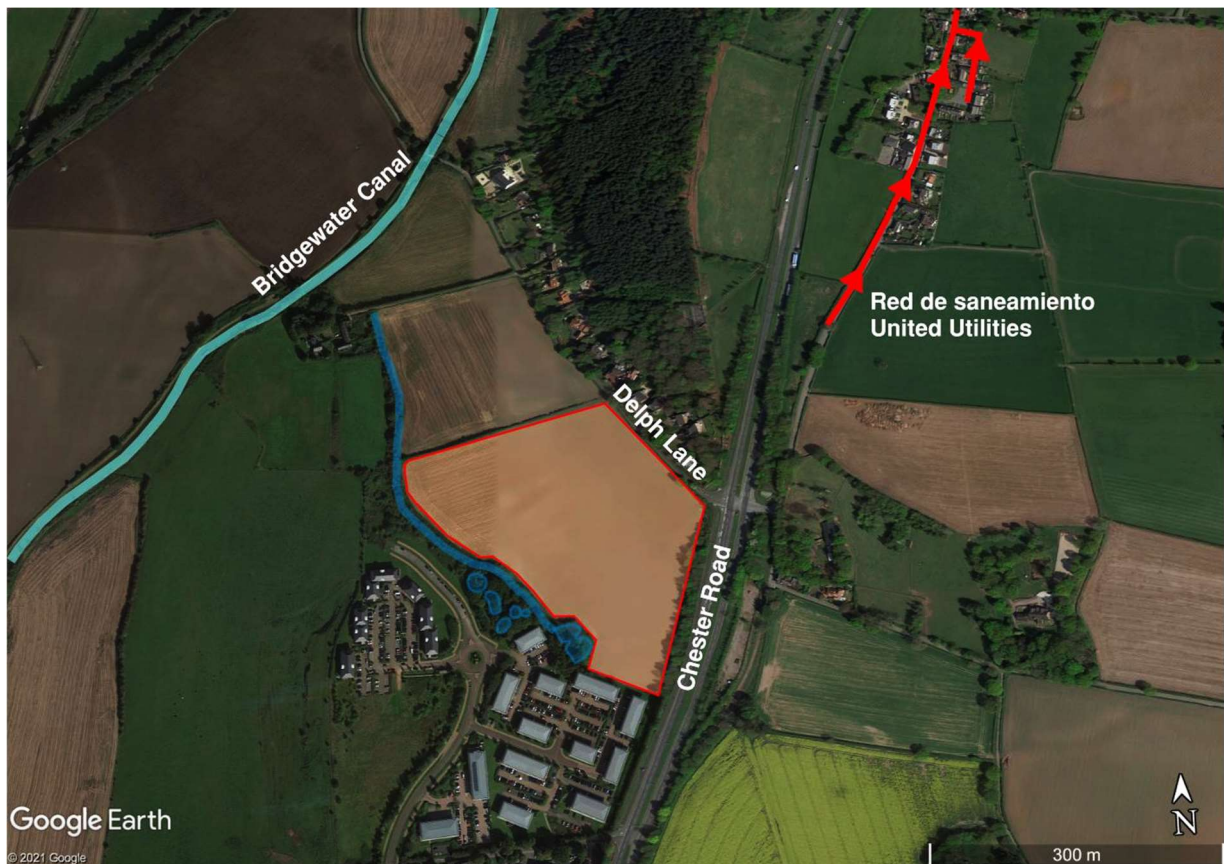


Figura 9. Redes públicas de saneamiento y cuerpos de agua próximos a la parcela objeto de estudio (adaptación de Google Earth y de la información provista por United Utilities).

En la Figura 9 puede verse un cauce de agua conectado a una red de lagunas que discurre en paralelo al límite suroeste del desarrollo propuesto, y que descarga en el Canal Bridgewater. La escorrentía superficial de la parcela rural descarga en estos cuerpos de agua y, como se presentará en las siguientes secciones, se propone descargar las aguas pluviales del nuevo desarrollo en el mismo cauce. De esta manera se mantendrá el comportamiento hidrológico de la cuenca de la forma más parecida posible a la situación preexistente.

3.2.6 Riesgos de inundación

Los mapas de la *Agencia de Medio Ambiente del Reino Unido* (Flood Map for Planning, 2021) clasifican cada zona del territorio en función de su riesgo de inundación asociado. Esta clasificación es la siguiente:

- *Zona 1 de inundación: zonas con probabilidad baja de inundación. Se clasifican como zona 1 aquellas zonas en las que el riesgo de inundación de origen fluvial o marino es inferior a un episodio para un periodo de retorno de 1000 años.*
- *Zona 2 de inundación: zonas con probabilidad media de inundación. Se clasifican como zona 2 aquellas zonas en las que el riesgo de inundación de origen fluvial es de un episodio para periodos de retorno comprendidos entre 100 y 1000 años; o zonas en las que el riesgo de inundación de origen marino es de un episodio para periodos de retorno comprendidos entre 200 y 1000 años.*
- *Zona 3 de inundación: zonas con probabilidad alta de inundación. Se clasifican como zona 3 aquellas zonas en las que el riesgo de inundación de origen fluvial es superior a un episodio para periodos de retorno de 100 años; o zonas en las que el riesgo de inundación de origen marino es superior a un episodio para periodos de retorno de 200 años. También se clasifican como zona 3 las zonas identificadas como llanuras de inundación.*

La Figura 10 muestra el mapa de riesgos de inundación para la zona de estudio, extraído de la *Agencia de Medio Ambiente de Reino Unido*. El desarrollo propuesto se encuentra en Zona 1 de inundación y, según la legislación vigente, no hay limitaciones en las oportunidades de desarrollo ni requerimientos para la implementación de medidas específicas de mitigación contra inundaciones. No obstante, al proponerse un desarrollo con una extensión superior a una hectárea, será necesario el desarrollo de un Estudio de Inundación para que la propuesta sea aceptada por la Autoridad local.

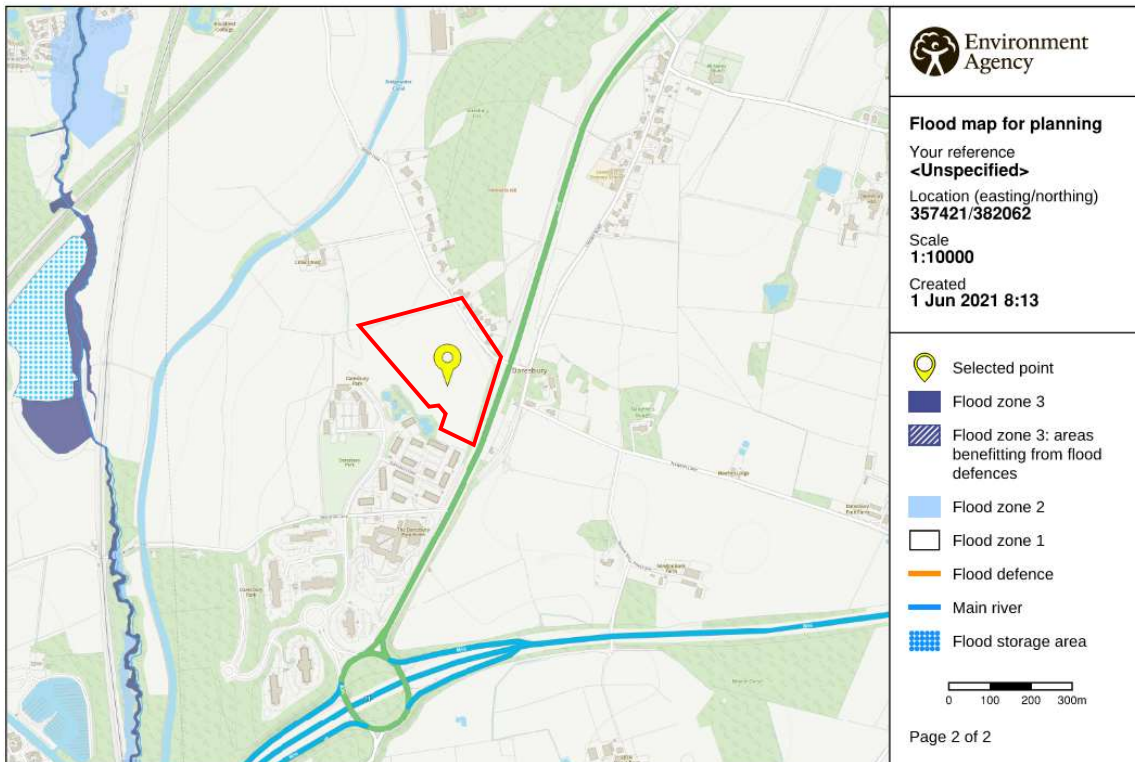


Figura 10. Mapa de inundaciones relativo a la zona de estudio (adaptación de los mapas de la Environment Agency).

3.3 DESCRIPCIÓN DEL NUEVO DESARROLLO RESIDENCIAL PROPUESTO

El desarrollo residencial propuesto tiene una extensión de 6.5ha y se compone de 180 viviendas unifamiliares. Del área total, 4.21 hectáreas corresponden a propiedad privada, carreteras y caminos peatonales, y 2.29 hectáreas corresponden a parques y zonas verdes.

La estrategia de desarrollo propuesta para esta nueva zona residencial se muestra en la Figura 11.

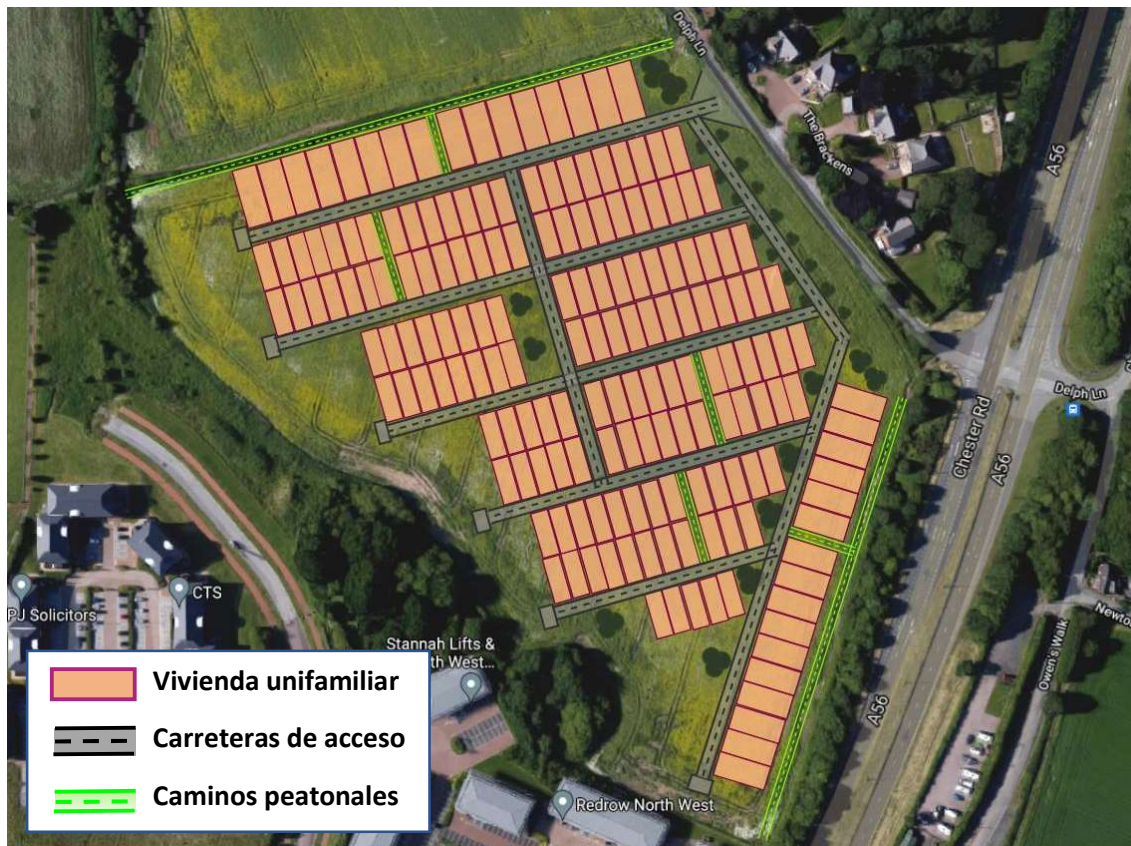


Figura 11. Distribución de viviendas, carreteras y caminos de acceso propuestos para el nuevo desarrollo residencial (adaptación de Google Earth).

3.4 ESTRATEGIAS DE DRENAJE PROPUESTAS

De acuerdo con la normativa vigente, se ha de proporcionar una red separativa de recogida de aguas pluviales y aguas residuales para todo nuevo desarrollo propuesto.

Considerando la topografía del terreno, las redes públicas de saneamiento identificadas, y la propuesta de desarrollo residencial descrita, las siguientes secciones presentan un estudio de alternativas para la selección de las estrategias de drenaje más adecuadas, tanto para la red de recogida de aguas pluviales como para la red de aguas residuales.

3.4.1 Red de aguas pluviales

La red de aguas pluviales va a recoger el agua de las zonas impermeables, incluyendo viviendas, carreteras y caminos de acceso. El área total se va a dividir en distintas redes, respondiendo a la topografía del terreno, y se va a implementar una serie de estructuras de atenuación para descargar, de manera controlada, en distintos puntos del cauce de agua. Los valores de las descargas se limitarán a los caudales equivalentes a la escorrentía del terreno sin edificar. En el

estudio de alternativas propuesto se va a comparar dos opciones, integradas por dos y cuatro redes de recogida de aguas pluviales respectivamente.

La razón por la cual se va a comparar estas dos alternativas es para determinar si, dado el desarrollo propuesto, resulta más económico minimizar o maximizar el número de redes y puntos de descarga.

3.4.2 Red de aguas residuales

La red de recogida de aguas residuales va a servir a todas las viviendas y dirigir los caudales desde las zonas más altas hacia las zonas más bajas con el objetivo de minimizar la profundidad de las conducciones, y con ello las excavaciones asociadas. Una vez las redes alcanzan los puntos más bajos, y tras recoger todas las descargas, se proporcionarán las estaciones de bombeo necesarias para bombear las aguas residuales hacia la red de saneamiento pública identificada en las secciones anteriores.

En el estudio de alternativas propuesto se va a comparar dos opciones que van a considerar una sola red con una estación de bombeo y dos redes independientes con sendas estaciones de bombeo.

La razón por la que se va a comparar estas dos alternativas es para determinar si, dado el desarrollo propuesto, es más económico minimizar la profundidad de las redes y proporcionar dos estaciones de bombeo o si, por el contrario, hay un mayor beneficio si se mantiene toda la red unificada y controlada por una única estación de bombeo.

4 RED DE RECOGIDA DE AGUAS PLUVIALES

4.1 ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Dada la topografía del terreno y considerando el cauce de agua el punto de descarga, se propone el estudio de dos alternativas.

La red de aguas pluviales 1, que se presenta en la Figura 12, está formada por dos redes de recogida de aguas pluviales con dos estructuras de atenuación localizadas en los dos puntos más bajos de la parcela objeto de estudio. Las estructuras de atenuación propuestas son una balsa de laminación y un tanque de atenuación subterráneo.



Figura 12. Representación esquemática de la red de aguas pluviales 1 (adaptación de Google Earth).

La red de aguas pluviales 2, que se presenta en la Figura 13, está formada por cuatro redes de recogida de aguas pluviales con sus correspondientes estructuras de atenuación localizadas en las zonas verdes correspondientes a los puntos más bajos de la parcela. En este caso, se proponen cuatro balsas de laminación como estructuras de atenuación.



Figura 13. Representación esquemática de la red de aguas pluviales 2 (adaptación de Google Earth).

4.2 CRITERIOS DE DISEÑO

Los criterios de diseño, de acuerdo con la normativa y las guías de diseño vigentes, se describen en las secciones siguientes.

4.2.1 Caudales de descarga y volúmenes de atenuación

La descarga de la escorrentía superficial ha de tratarse de acuerdo con la siguiente jerarquía:

- i. infiltración en el suelo,
- ii. descarga en cuerpo de agua,
- iii. descarga en redes de recogida de aguas pluviales, y
- iv. descarga en redes combinadas de aguas pluviales y residuales.

Del estudio geológico de la parcela se ha concluido que un sistema de infiltración no es una solución válida para este desarrollo. Por tanto, dada la proximidad del cauce de agua que discurre al sur de la parcela, y considerando la descarga natural preexistente, la escorrentía superficial se va a descargar en este cauce.

De acuerdo con el Plan Local de Halton, para desarrollos propuestos en parcelas rurales, el objetivo del sistema de drenaje deber ser el de descargar los caudales equivalentes a la situación preexistente al desarrollo. Esto deberá cumplirse para los caudales pico asociados a los periodos de retorno de 1 año y de 100 años.

Además, cuando sea razonablemente práctico, el volumen de descarga para el evento de 100 años de período de retorno y 6 horas de duración, no deberá exceder el volumen de descarga para el mismo evento en la situación preexistente.

4.2.2 Cálculo de los caudales de escorrentía

Los caudales de escorrentía se han calculado mediante el método IH124 (*Institut of Hydrology Report 124*). Con este método se calcula, en primer lugar, el caudal de escorrentía pico estimado para la mediana anual de inundación, llamado Qbar. El caudal Qbar está asociado a un periodo de retorno aproximado de 2.3 años. A partir de este valor, se pueden calcular los caudales de escorrentía para otros periodos de retorno usando los coeficientes correspondientes. El proceso se describe a continuación pasos a paso,

El Qbar se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_{BAR} = 0.00108 AREA^{0.89} \times SAAR^{1.17} \times SOIL^{2.17}$$

Donde,

- *AREA es el área objeto de estudio en km². Para valores menores a 50 hectáreas, la ecuación ha de resolverse considerando un área de 50 hectáreas y obtener el valor final asumiendo una relación lineal entre el área y el Qbar.*
- *SAAR: Lluvia estándar media para el período 1941-1970 en milímetros. Este valor es de 805mm para la zona de estudio.*
- *SOIL (SPR): Índice de suelo, que puede obtenerse en función del tipo de suelo según se describe en la Tabla 1.*

Tabla 1. Valores del índice de suelo en función del tipo de suelo que se describen en la Tabla 2 (información extraída del documento Rainfall runoff management for developments, Report - SC030219.)

Tipo de suelo	1	2	3	4	5
SPR	<i>0.10</i>	<i>0.30</i>	<i>0.37</i>	<i>0.47</i>	<i>0.53</i>

El tipo de suelo puede seleccionarse de Tabla 2.

Tabla 2. Características de los distintos tipos de suelo (tabla adaptada del Manual de sistemas de drenaje sostenible CIRIA Report 753).

Tipo de suelo	Descripción
1	<ul style="list-style-type: none"> i. Suelos bien drenados, arenosos o margosos, y capas similares superficiales sobre suelos muy permeables, calizas, areniscas o derivados. ii. Suelos turbosos drenados por diques o por bombeo. iii. Suelos limosos menos permeables sobre suelos arcillosos en sustratos adyacentes a suelos muy permeables en valles.
2	<ul style="list-style-type: none"> i. Suelos muy permeables con nivel freático muy alto. ii. Suelos permeables sobre rocas o frangipani, comúnmente en pendientes en el oeste de Inglaterra asociado con áreas pequeñas o suelos húmedos menos permeables. iii. Suelos moderadamente permeables, algunos sobre subsuelos menos permeables.
3	<ul style="list-style-type: none"> i. Suelos relativamente impermeables en arcillas sedimentarias, canto rodado y aluvión, especialmente en el este de Inglaterra. ii. Suelos permeables con nivel freático alto en zonas bajas. iii. Áreas mixtas de suelos permeables e impermeables en proporciones similares.
4	Arcillas o limos sobre suelos arcillosos con una capa impermeable cercana a la superficie.
5	<ul style="list-style-type: none"> i. Suelos de tierras altas húmedas, ii. Superficies de turba impermeables cercanas a la superficie. iii. Turbas profundas asociadas a tierras altas en pendiente o en cuencas bajas iv. Acantilados de rocas y graveras v. Zonas pedregosas superficiales en pendientes pronunciadas

Según la información geológica, la zona de estudio puede clasificarse como tipo de suelo 1 (Tabla 2), asociado a un valor de 0.1 de SPR (Tabla 1).

Una vez se ha calculado el Q_{bar} , los caudales de escorrentía asociados a distintos periodos de retorno se pueden obtener como se muestra a continuación:

$$Q_T = GCF \times Q_{\text{BAR}}$$

Donde,

- Q_T : es el caudal de escorrentía para el periodo de retorno T .
- GCF : Curva de crecimiento de factores presentada en la Figura 14 para las distintas áreas hidrométricas de Reino Unido. En este caso, el desarrollo pertenece a la zona 10 y los factores son 0.87 para el período de retorno de un año y 2.08 para el período de retorno de 100 años.

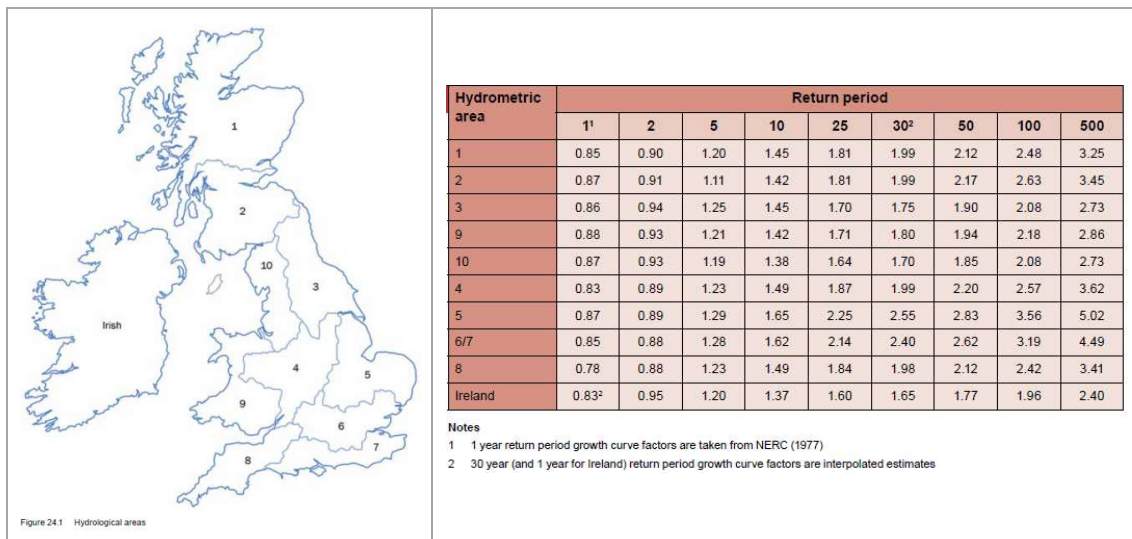


Figura 14. Curva de factores de crecimiento para las distintas zonas geográficas de Reino Unido (figuras extraídas del Manual de sistemas de drenaje sostenible CIRIA Report 753)

4.2.3 Cálculo de los volúmenes de escorrentía

Los volúmenes adicionales generados con el nuevo desarrollo, y comparados a los volúmenes de escorrentía relativos a la situación preexistente, pueden calcularse según la ecuación de Kellagher (2013), la cual se presenta en el *Manual de sistemas de drenaje sostenible (CIRIA Report 753)*.

$$Vol_{xs} = RD \times A \times 10 \left[\frac{PIMP}{100} (\alpha \cdot 0.8) + \left(1 - \frac{PIMP}{100} \right) (\beta \cdot SPR) - SPR \right]$$

Donde:

- *RD* es la altura de lluvia para el evento de 100 años de período de retorno y 6 horas de duración, en milímetros. *RD* tiene un valor de 60.18mm para la zona de estudio.
- *A* es el área de estudio en hectáreas.
- *SPR* es el índice de suelo que, como se ha visto en la sección anterior, es 0.1 para este desarrollo.
- *PIMP* es el área impermeable expresada como porcentaje del área total.
- α es el porcentaje de área pavimentada que descarga a la red con valores asignados entre 0 y 1, y con un 80% de escorrentía asumida.
- β es el porcentaje del área permeable que drena a la red o al río directamente, con valores asignados entre 0 y 1.

El volumen adicional calculado debe descargarse con un caudal máximo de 2l/s/hectárea para el evento de 100 años de período de retorno y 6 horas de duración; mientras que el volumen de

escorrentía preexistente puede descargarse según los caudales picos de escorrentía originales calculados.

En cualquier caso, cuando los caudales de descarga calculados sean inferiores a 2l/s se acepta que el valor de diseño se limite a 2l/s para favorecer un mejor funcionamiento y mantenimiento de las redes de drenaje propuestas.

4.2.4 Diseño de la red de drenaje y de las estructuras de atenuación

El dimensionamiento de las redes de tuberías y de las estructuras de atenuación se ha realizado con la ayuda del software Micro Drainage 2020 (Innovyze Ltd.).

Micro Drainage evalúa las pérdidas de energía y la capacidad de las tuberías con la ecuación de Colebrook-White,

$$V = -2\sqrt{2gDS} \log \left[\frac{K_s}{3.7D} + \frac{2.51\nu}{D\sqrt{2gDS}} \right]$$

Donde,

- V es la velocidad (m/s).
- g es la fuerza de la gravedad (m/s^2).
- S es el gradiente hidráulico (m/m).
- ν es la viscosidad cinemática del líquido (kg/ms).
- K_s es la rugosidad efectiva (m).
- D es el diámetro de la tubería (m).

Los valores típicos utilizados para la rugosidad efectiva son 0.6mm para redes de aguas pluviales y 1.5mm para tuberías de recogida de aguas residuales.

Según el código de diseño, la red de recogida de aguas pluviales deberá estar integrada por tuberías con un diámetro mínimo de 150mm, y diseñada para 1 año de período de retorno con velocidades superiores a 1m/s. Cuando este criterio conlleve a redes demasiado profundas, entonces el gradiente de las tuberías, definido como $1 \text{ m Vertical} : X \text{ m Horizontal}$, se definirá con X siendo como máximo el diámetro de la tubería considerada.

El sistema se ha definido un tiempo de entrada de 5 minutos, valor recomendado por *la guía CIRIA Report 753* para desarrollos urbanos.

Los coeficientes de escorrentía utilizados dependen del tipo de superficie y los valores considerados, basados en la práctica común, son 1 para superficies impermeables y 0.47 para superficies permeables conectadas a la red. En este caso se ha considerado que sólo las superficies impermeables están conectadas directamente a la red de drenaje.

Dada la situación geográfica de la zona de estudio, el diseño se va a desarrollar usando los datos de lluvia establecidos según la metodología del *Flood Studies Report*, integrados en el software utilizado para el diseño.

Las redes de drenaje se han dimensionado para atenuar los volúmenes de escorrentía asociados al evento de 100 años de periodo de retorno e incluyendo un factor adicional del 40% como consideración del Cambio Climático. El factor del 40% se establece en el *Marco de Planificación Política Nacional* y se aplica considerando un incremento de la intensidad pico de la lluvia del 40% respecto a las series utilizadas para la simulación. De esta manera, el diseño de nuevas redes de drenaje pretende que el caudal de descarga que abandone el nuevo desarrollo no aumente, en comparación con la situación actual, hasta el año horizonte considerado 2080.

La primera estimación del volumen de atenuación requerido se va a realizar utilizando el módulo *Quick Storage Estimate de Micro Drainage*, que está basado en las ecuaciones del *Flood Studies Report*, y calcula los volúmenes para lluvias de distinta duración y para un caudal de descarga dado. El volumen final se determinará con la simulación de la red completa.

La atenuación de volúmenes ha de tratarse de acuerdo con la siguiente jerarquía: definición de sistemas de drenaje sostenible e implementación de tanques de atenuación.

Según el Código de diseño y el Plan Local de Halton, las redes de aguas pluviales han de dimensionarse de manera que no haya tuberías en carga para periodos de retorno de 1 año. No debe haber inundaciones para periodos de retorno de 30 años, y se permite inundación controlada en la parcela para periodos de retorno de 100 años con un factor de cambio climático del 40%. En ningún caso se permitirá la inundación a terceros para estos periodos de retorno.

4.3 METODOLOGÍA DE DISEÑO

El proceso aplicado para diseñar las redes de drenaje propuestas es el siguiente:

1. Determinar en el plano la posición de las tuberías y estructuras de atenuación propuestas.

2. Asociación de las áreas cuya escorrentía se recoge en cada una de las redes.
3. Cálculo de los caudales de escorrentía preexistentes de las áreas asociadas a cada una de las redes para 1 y 100 años de periodo de retorno.
4. Estimación inicial de los volúmenes de cada elemento de atenuación para comprobar que hay suficiente espacio físico para su implementación.
5. Proceso iterativo de los pasos 1 a 4, hasta que se determina que la división establecida es adecuada para el desarrollo propuesto, considerando las limitaciones de espacio existentes. Una vez se concluye este paso, se puede proceder con el diseño de detalle de cada una de las redes.
6. Usando Micro Drainage como soporte, definir cada tubería, añadir las áreas de recogida de escorrentía asociadas, definir los niveles, los gradientes, y los diámetros para cada una de ellas. Definir las estructuras de atenuación y los elementos de control de caudales.
7. Simulación de las series de lluvias para distintas duraciones y periodos de retorno para las redes definidas, y análisis de los resultados obtenidos.
8. Proceso iterativo de los pasos 6 y 7 para el ajuste de la información insertada hasta que los resultados cumplan con los criterios de diseño establecidos.

Una vez se han diseñado todas las alternativas propuestas, se procederá a hacer la valoración económica de los principales elementos que las constituyen para seleccionar la alternativa óptima.

4.4 DISEÑO DE LAS REDES DE AGUAS PLUVIALES PROPUESTAS

4.4.1 Red de aguas pluviales 1

Esta alternativa está formada por dos redes presentadas de forma esquemática en la Figura 15, donde se indica la posición de los principales pozos de inspección y de las tuberías propuestas para las redes pluviales 1a y 1b.



Figura 15. Representación esquemática de la red de aguas pluviales 1 (adaptación de Google Earth).

El volumen de escorrentía asociado a la red pluvial 1a va a atenuarse con un tanque de retención subterráneo. El volumen de escorrentía asociado a la red pluvial 1b va a atenuarse en una balsa de laminación.

La Tabla 3 recoge las características básicas de cada una de las dos redes que integran la red de aguas pluviales 1. Estas características se han determinado según se ha descrito en los criterios de diseño en las secciones anteriores.

Tabla 3. Características básicas de definición de las redes de recogida de aguas pluviales 1a y 1b.

Parámetros	Red 1a	Red 1b
Área (hectáreas)	2.44	1.77
Q_{BAR} (l/s)	0.48	0.35
Q pico escorrentía para T = 1 año (l/s)	0.42	0.30
Q pico escorrentía para T = 100 años (l/s)	1.00	0.73
Volumen adicional de escorrentía (m ³)	1027	746

Parámetros	Red 1a	Red 1b
Volumen de atenuación estimado (máximo-mínimo) (m ³)	2287-2892	1543-2002

Como puede observarse, los caudales de descarga calculados son inferiores a 2l/s. Por lo tanto, y atendiendo a la normativa vigente, el sistema se va a diseñar para un valor de descarga de 2l/s con el objetivo de favorecer el funcionamiento y mantenimiento de las redes de drenaje propuestas.

Las características detalladas de cada elemento que define la red se presentan en el Apéndice A, donde también se recogen los resultados del análisis realizado que demuestran que la propuesta cumple con los criterios de diseño definidos.

4.4.2 Red de aguas pluviales 2

Esta alternativa está formada por cuatro redes que se presentan de forma esquemática en la Figura 16, donde se indica la posición de los principales pozos de inspección y de las tuberías propuestas.



Figura 16. Representación esquemática de la red de aguas pluviales 2 (adaptación de Google Earth).

La Tabla 4 recoge las características básicas de cada una de las cuatro redes que componen la red de aguas pluviales 2.

Tabla 4. Características básicas de definición de las redes de recogida de aguas pluviales 2a, 2b, 2c y 2d.

Parámetros	Red 2a	Red 2b	Red 2c	Red 2d
Área (hectáreas)	1.53	0.81	0.98	0.89
Q_{BAR} (l/s)	0.30	0.16	0.19	0.17
Q pico escorrentía para T = 1 año (l/s)	0.26	0.14	0.17	0.40
Q pico escorrentía para T = 100 años (l/s)	0.63	0.33	0.40	0.36
Volumen adicional de escorrentía (m ³)	645	341	413	375
Volumen de atenuación estimado (máximo-mínimo) (m ³)	1288 - 1683	586-775	744-979	661-871

Como puede observarse, los caudales de descarga calculados son inferiores a 2l/s. Por lo tanto, y atendiendo a la normativa vigente, el sistema se va a diseñar para un valor de descarga de 2l/s con el objetivo de favorecer el funcionamiento y mantenimiento de las redes de drenaje propuestas.

Las características detalladas de cada elemento que define la red se presentan en el Apéndice B, donde también se recogen los resultados del análisis realizado que demuestran que la propuesta cumple con los criterios de diseño definidos.

4.5 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS REDES DE AGUAS PLUVIALES PROPUESTAS

Una vez diseñadas las dos redes de aguas pluviales objeto de estudio, se procede a valorar económicamente las principales unidades que las componen, que son las siguientes:

- Pozos de inspección: los costes asociados a la instalación de los pozos de inspección incluyen la excavación del pozo y desecho del material, estructuras temporales de soporte, compactación del terreno, hormigón de regulación, formación de la base, anillos de hormigón prefabricado, construcción del detalle de acceso, tapas y escaleras de acceso.

- Tuberías: Los costes asociados a la instalación de las tuberías incluyen la excavación y desecho del material, estructuras temporales de soporte, instalación de tuberías y juntas, relleno de las zanjas y compactación del material.
- Estructuras de atenuación: incluye la construcción de las balsas de laminación o la instalación de los tanques de retención, dependiendo del caso, y considerando los elementos descritos en las tablas correspondientes.

Los precios considerados están basados en la información disponible en el libro Spon's Architects' and Builders' Price Book (Aecom, 2021).

La Tabla 5 presenta la valoración económica de las principales unidades de construcción que integran la red de aguas pluviales 1.

El desglose detallado de cada una de las unidades se presenta en el Apéndice E.

Tabla 5. Valoración económica de las principales unidades de construcción que integran la red de aguas pluviales 1.

Unidad	Coste £
Instalación de red de tuberías y pozos de inspección	£ 408,412.00
Instalación del tanque de atenuación de la red pluvial 1a	£ 602,592.90
Construcción de la balsa de laminación de la red pluvial 1b	£ 75,987.88

El coste total de las unidades incluidas en la valoración económica de la red de aguas pluviales 1 es de **£1,086,992.78**.

Las Tabla 6 presenta la valoración económica de las principales unidades de construcción que integran la red de aguas pluviales 2.

El desglose detallado de cada una de las unidades se presenta en el Apéndice E.

Tabla 6. Valoración económica de las principales unidades de construcción que integran la red de aguas pluviales 2.

Unidad	Coste £
Unidad - instalación de red de tuberías y pozos de inspección	£ 463,646.00
Unidad - Construcción de la balsa de laminación de la red pluvial 2a	£ 62,862.54



Unidad	Coste £
Unidad - Construcción de la balsa de laminación de la red pluvial 2b	£ 28,119.02
Unidad - Construcción de la balsa de laminación de la red pluvial 2c	£ 35,944.22
Unidad - Construcción de la balsa de laminación de la red pluvial 2d	£ 37,491.18

El coste total de las unidades incluidas en la valoración de la red de aguas pluviales 2 es de **£628,062.96**.

Por tanto, dados los resultados obtenidos, se concluye que la red de aguas pluviales 2 es la más económica y será la alternativa seleccionada como red de recogida de aguas pluviales del desarrollo propuesto.

5 RED DE RECOGIDA DE AGUAS RESIDUALES

5.1 ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Considerando la topografía del terreno, el desarrollo propuesto, y la ubicación de la red pública de saneamiento, se propone el estudio de dos alternativas para la recogida de aguas residuales.

La red de aguas residuales 1, que se presenta en la Figura 17, está formada por una única red de recogida de aguas residuales con un único sistema de bombeo y tubería de impulsión que discurre hasta el punto de conexión en la red pública de saneamiento.



Figura 17. Representación esquemática de la red de aguas residuales 1 (adaptación de Google Earth).

La red de aguas residuales 2, que se presenta en la Figura 18, está formada por dos redes de recogida de aguas residuales, con sendos sistemas de bombeo, y las tuberías de impulsión asociadas que discurren en paralelo hasta descargar en la red pública de saneamiento.

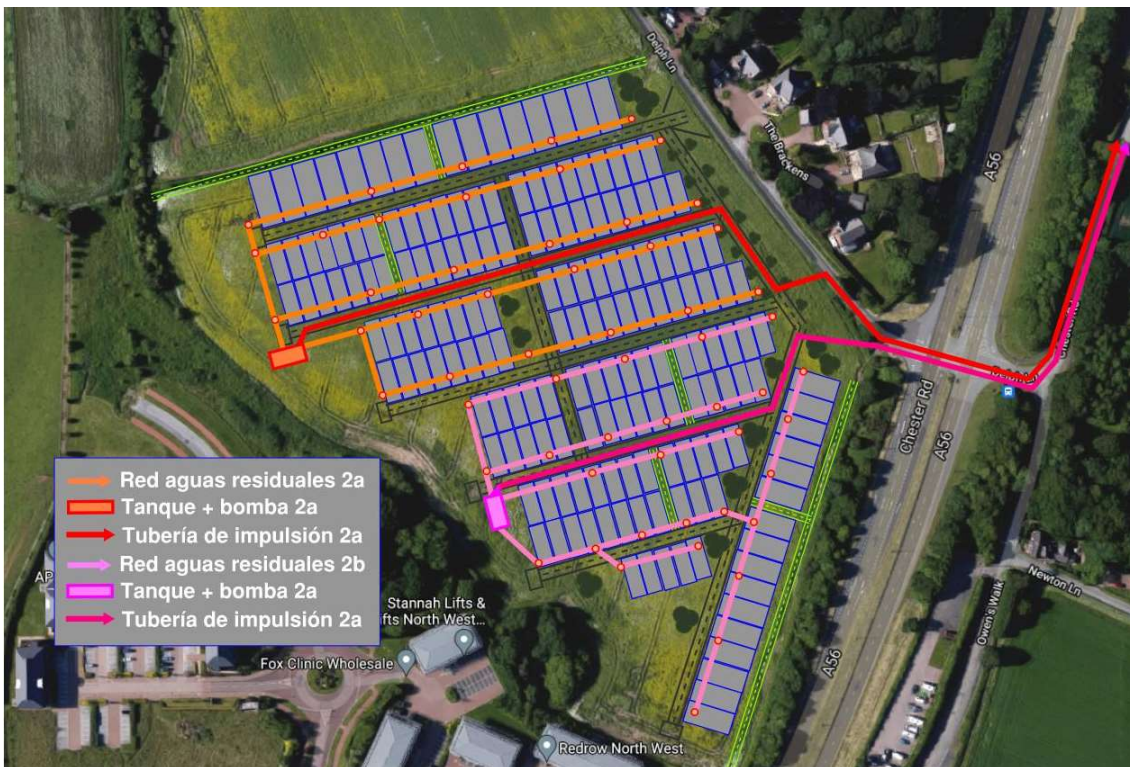


Figura 18. Representación esquemática de la red de aguas residuales 2 (adaptación de Google Earth).

5.2 CRITERIOS DE DISEÑO

El dimensionamiento de las redes de tuberías se ha realizado con la ayuda del software Micro Drainage 2020 (Innovyze Ltd.).

Las pérdidas de energía y la capacidad de las tuberías se calculan usando la ecuación de Colebrook-White, del mismo modo que para las redes de recogida de aguas pluviales.

Según el código de diseño, la red de recogida de aguas residuales deberá estar integrada por tuberías con un diámetro mínimo de 100mm y con velocidades superiores a 0.75 m/s para tuberías llenas a un tercio de su capacidad. Cuando no sea posible implementar este criterio en la velocidad de diseño, entonces el gradiente de las tuberías, que está definido como *1m Vertical: Xm Horizontal*, se definirá con X teniendo como valor máximo el diámetro de la tubería considerada.

Según el código de diseño, se aceptan distintos métodos de estimación de caudales de descarga dependiendo del tipo de desarrollo. En este caso se va a considerar el criterio que establece un consumo de 4000 litros diarios por vivienda (definiendo vivienda como una casa integrada por 3 personas). Este volumen total se obtiene a partir del caudal pico asociado a un factor pico de

descarga de valor 6. De esta manera, el consumo diario de cada persona integrante de la vivienda se puede calcular como se muestra a continuación:

$$\text{Volumen diario por persona} = \frac{4000}{3 \times 6} = 222.2 \text{ litros}$$

El diseño se va a basar en un consumo diario de 222.2 litros por persona con un factor de valor 6 para obtener el caudal pico.

Según el Código de diseño, para los depósitos de las estaciones de bombeo, se debe proporcionar un volumen mínimo de almacenaje de 160 litros por vivienda. Dado que este volumen se refiere a viviendas integradas por 3 personas, se va a considerar 53.3 litros por persona y, sabiendo que las viviendas tienen una capacidad media de 4 personas, se va a proporcionar un volumen mínimo de 213.3m³ por vivienda en el tanque de recogida de aguas residuales.

Además, para cada sistema de bombeo que se especifique, se implementará un sistema unitario que incluya una bomba de servicio y una de reserva.

El perfil de la tubería de impulsión hasta la red de saneamiento pública se considerará paralelo al perfil del terreno y con una profundidad media de 1.2 metros.

5.3 METODOLOGÍA DE DISEÑO

El proceso de diseño aplicado para dimensionar las redes de recogida de aguas residuales propuestas es el siguiente:

1. Determinar en el plano la posición de las tuberías y de las estaciones de bombeo asociadas.
2. Adjudicación del número de viviendas a cada una de las tuberías definidas.
3. Usando Micro Drainage, definir para cada tubería los niveles propuestos y los diámetros correspondientes de acuerdo con los criterios de diseño.
4. Definición de las características de cada sistema de bombeo, selección de las bombas y de las tuberías de impulsión para la descarga en la red pública de saneamiento.

5.4 DISEÑO DE LAS REDES DE AGUAS RESIDUALES PROPUESTAS

5.4.1 Red de aguas residuales 1

Esta solución está formada por una red con una estación de bombeo, que se presenta de forma esquemática en la Figura 19, donde se indica la posición de los pozos de inspección y de las tuberías propuestas.



Figura 19. Representación esquemática de la red de aguas residuales 1 (adaptación de Google Earth).

La red de aguas residuales 1 está formada por una única red con un único sistema de bombeo. La Tabla 7 presenta el caudal pico y el volumen de retención requerido para la estación de bombeo.

Tabla 7. Características básicas de definición de la red de aguas residuales 1.

Características	Red 1
Número total de viviendas	180
Caudal pico de descarga (l/s)	11.1
Mínimo volumen de almacenaje (m3)	38.4

Características	Red 1
Nivel de la tubería de impulsión en la estación de bombeo (mAoD)	47.7
Longitud de la tubería de impulsión (m)	530
Nivel de la tubería de impulsión en el punto de conexión (mAoD)	74.8

Las características detalladas que definen la red se presentan en el Apéndice C, donde también se recogen los resultados del análisis realizado que demuestran que la propuesta cumple con los criterios de diseño definidos.

5.4.1.1 Sistema de bombeo

El caudal pico de descarga es de 11.1 l/s, la tubería de impulsión tiene una longitud aproximada de 530m, y hay una diferencia de nivel desde el punto de bombeo hasta el punto de conexión de 27.1 metros. La tubería va a seguir un perfil ascendente paralelo al terreno y con una profundidad media de 1.2m metros para cumplir con las guías de diseño.

Se va a implementar dos bombas sumergibles para aguas residuales, una bomba de servicio y una de reserva. En el Apéndice C se incluyen los detalles de las bombas seleccionadas para proceder con la valoración económica de la red de aguas residuales 1.

5.4.2 Red de aguas residuales 2

Esta solución está formada por dos redes, con sus respectivas estaciones de bombeo, que se presentan de forma esquemática en la Figura 20, donde se indican la posición de los pozos de inspección y de las tuberías propuestas.



Figura 20. Representación esquemática de la red de aguas residuales 2 (adaptación de Google Earth).

La red de aguas residuales 2 está formada por dos redes de tuberías con sendos sistemas de bombeo, y las tuberías de impulsión asociadas que discurren en paralelo hasta el punto de conexión en la red de saneamiento público.

La Tabla 8 presenta el caudal pico y el volumen de almacenaje requerido cada una de las redes.

Tabla 8. Características básicas de definición de la red de aguas residuales 2.

Características	Red 2a	Red 2b
Número total de viviendas	102	78
Caudal pico de descarga (l/s)	6.3	4.8
Mínimo volumen de almacenaje (m3)	21.8	16.7
Nivel de la tubería de impulsión en la estación de bombeo (mAoD)	49.0	49.9
Longitud de la tubería de impulsión (m)	609	501
Nivel de la tubería en el punto de conexión (mAoD)	74.8	74.8

Las características detalladas que definen la red se presentan en el Apéndice C, donde también se recogen los resultados del análisis realizado y que demuestran que la propuesta cumple con los criterios de diseño definidos.

5.4.2.1 *Sistemas de bombeo*

En cada una de las redes se van a implementar dos bombas sumergibles para aguas residuales, una bomba de servicio y una de reserva.

- **Red de aguas residuales 2a**

El caudal pico de descarga es de 6.3l/s, la tubería de impulsión tiene una longitud aproximada de 609m, y hay una diferencia de nivel desde el punto de bombeo hasta el punto de conexión de 25.8 metros. La tubería va a seguir un perfil ascendente en paralelo al terreno y con una profundidad media de 1.2m metros de acuerdo con las guías de diseño.

- **Red de aguas residuales 2b**

El caudal pico de descarga es de 4.8l/s, la tubería de impulsión tiene una longitud aproximada de 501m, y hay una diferencia de nivel desde el punto de bombeo hasta el punto de conexión de 24.9 metros. La tubería va a seguir un perfil ascendente en paralelo al terreno y con una profundidad media de 1.2m metros de acuerdo con las guías de diseño.

En el Apéndice D se incluyen los detalles de las bombas seleccionadas para proceder con la valoración económica de la red de aguas residuales 2.

5.5 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS REDES DE AGUAS RESIDUALES PROPUESTAS

Una vez diseñadas las dos alternativas, se procede a valorar económicamente las principales unidades que las componen. Estas unidades son:

- Pozos de inspección: los costes asociados a la instalación de los pozos de inspección incluyen la excavación del pozo y desecho del material, estructuras temporales de soporte, compactación del terreno, hormigón de regulación, formación de la base, anillos de hormigón prefabricado, construcción del detalle de acceso, tapas y escaleras.
- Tuberías de recogida de aguas residuales: Los costes asociados a la instalación de las tuberías incluyen la excavación y desecho del material, estructuras temporales de

soporte, instalación de tuberías y juntas, relleno de las zanjas y compactación del material.

- Tuberías de impulsión: Los costes asociados a la instalación de las tuberías incluyen la excavación y desecho del material, estructuras temporales de soporte, instalación de tuberías y juntas, relleno de las zanjas y compactación del material.
- Sistemas de bombeo: Los costes asociados a los sistemas de bombeo incluyen la excavación y desecho del material, y el tanque de retención. Se incluye un sistema unitario formado por dos bombas centrífugas sumergibles, una bomba de servicio y una de reserva, el panel de control y los elementos asociados a su instalación.

Los precios considerados están basados en la información disponible en el libro Spon's Architects' and Builders' Price Book (Aecom, 2021). La valoración de los sistemas de bombeo se basa en los catálogos de precios de Grundfos y la valoración de los tanques GPR en la información disponible en tanks-direct.co.uk.

La Tabla 9 presenta la valoración económica de la red de aguas residuales 1. El desglose detallado de cada una de las unidades se presenta en el Apéndice E.

Tabla 9. Valoración económica de las principales unidades de construcción que integran la red de aguas residuales 1.

Unidad	Coste £
Unidad - instalación de red de tuberías y pozos de inspección	£ 286,745.00
Unidad - Sistema de bombeo y tubería de impulsión	£ 432,997.08

El coste total de las unidades incluidas en la valoración económica de la red de aguas residuales 1 es de **£ 719,742.08**.

La Tabla 10 presenta la valoración económica de la red de aguas residuales 2. El desglose detallado de cada una de las unidades se presenta en el Apéndice E.

Tabla 10. Valoración económica de las principales unidades de construcción que integran la red de aguas residuales 2.

Unidad	Coste £
Unidad - instalación de red de tuberías y pozos de inspección	£ 273,950.00



Unidad	Coste £
Unidad - Sistema de bombeo y tubería de impulsión 2a	£ 301,451.44
Unidad - Sistema de bombeo y tubería de impulsión 2b	£ 212,992.19

El coste total de las unidades incluidas en la valoración económica de la red de aguas residuales 2 es de **£ 788,393.63**

Por tanto, dados los resultados obtenidos, se concluye que la red de aguas residuales 1 es la más económica y será la alternativa seleccionada para la recogida de aguas residuales del desarrollo propuesto.

6 SOSTENIBILIDAD Y VALORACIÓN AMBIENTAL

Este trabajo presenta un estudio de alternativas de las redes de drenaje de aguas residuales y aguas pluviales en un nuevo desarrollo urbanístico en Halton. La propuesta residencial se presenta como resultado de un estudio de desarrollo estratégico sostenible económico y social del municipio.

El sistema de recogida de aguas pluviales se ha desarrollado con el objetivo de reproducir la situación hidrológica preexistente. Además, se ha aplicado un factor para la consideración del efecto del cambio climático en las series de precipitación, aumentándolas en un 40%, según se establece en la legislación vigente. De esta manera, se pretende proteger a las generaciones futuras, frente al riesgo de inundación, minimizando el efecto del Cambio Climático respecto a la situación actual.

Uno de los métodos más utilizados actualmente para cuantificar la sostenibilidad de una propuesta de construcción es la determinación de las toneladas de CO₂ equivalente asociadas a ella, o la llamada huella de Carbono. Se ha utilizado la calculadora de emisiones de Carbono de la asociación de carreteras de Inglaterra (*Highways England*) para calcular las emisiones asociadas a las tuberías y pozos de inspección de las redes de recogida de aguas pluviales y residuales seleccionadas. Los resultados se muestran en la Tabla 11 y la Tabla 12.

Tabla 11. tCO₂e asociadas a las tuberías y pozos de inspección asociadas a la red de aguas pluviales 2.

Material	Características	Unidad de medida	tCO ₂ e/por unidad	Cantidad	tCO ₂ e
Tubería arcilla vitrificada	150mm diámetro	metros	0.0088	363	3.2
Tubería arcilla vitrificada	225mm diámetro	metros	0.0170	515	8.8
Tubería arcilla vitrificada	300mm diámetro	metros	0.0365	625	22.8
Tubería de hormigón prefabricado	450mm diámetro	metros	0.0513	583	29.9
Pozo de inspección de hormigón prefabricado	1200mm diámetro, hasta 3m profundidad	nº	0.7676	44	33.8
Pozo de inspección de hormigón prefabricado	1500mm diámetro, hasta 3m profundidad	nº	1.0684	24	25.6
Pozo de inspección de hormigón prefabricado	1500mm diámetro, 3m - 6m profundidad	nº	1.7787	2	3.6
Total				127.6	tCO₂e

Tabla 12. tCO₂e asociadas a las tuberías y pozos de inspección asociadas a la red de aguas residuales 1.

Material	Características	Unidad de medida	tCO ₂ e/por unidad	Cantidad	tCO ₂ e
Tubería de plástico (PVC)	150mm diámetro	metros	0.0102	530	5.4
Tubería arcilla vitrificada	150mm diámetro	metros	0.0088	1998	17.5
Pozo de inspección de hormigón prefabricado	1200mm diámetro, hasta 3m profundidad	nº	0.7676	51	39.1
Pozo de inspección de hormigón prefabricado	1200mm diámetro, 3m - 6m profundidad	nº	1.2536	4	5.0
Total				67.0	tCO₂e

Al haberse seleccionado las alternativas de menor coste y, ser éstas las de menor longitud de tuberías y menor número de pozos de inspección, se puede inferir que éstas son las alternativas con menor tCO₂e asociadas a los materiales utilizados para las redes, excluyendo tanques y sistemas de bombeo.

Para terminar, y como se presentaba en la introducción de este documento, los principales objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas que se pueden relacionar con las propuestas consideradas en este estudio son los siguientes.

- Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento
- Objetivo 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles
- Objetivo 13: Acción por el Clima
- Objetivo 15: Vida de Ecosistemas Terrestres

El Apéndice F describe estas relaciones de forma más detallada.

7 CONCLUSIONES

El análisis presentado en este trabajo permite extraer las siguientes conclusiones para el desarrollo propuesto:

- i. La red de recogida de aguas pluviales 2 y la red de recogida de aguas residuales 1 son las alternativas seleccionadas desde el punto de vista de su valoración económica.
- ii. La red de recogida de aguas pluviales 2 y la red de recogida de aguas residuales 1 son las alternativas con menor número de toneladas de CO₂ equivalente.
- iii. La utilización de un menor número de redes independientes reduce el coste asociado a los pozos de inspección y tuberías para este proyecto en particular. La diferencia ha sido mayor para la red de aguas pluviales donde se han considerado 1 y 4 redes, que para la red de aguas residuales donde las alternativas han evaluado 1 y 2 redes.
- iv. Aumentar el número de redes ayudaría, en principio, a reducir la profundidad de la instalación necesaria. Sin embargo, en este caso particular, la orografía ha permitido que las redes siguieran, de forma casi paralela, el perfil del terreno desde las zonas más altas hasta las zonas más bajas. Esto ha podido tener un impacto a favor de que un menor número de redes tenga un menor coste asociado a la instalación de pozos de inspección y tuberías.
- v. La ocupación de un mayor número de enclaves para la implementación de las estructuras de atenuación, y la división del volumen de escorrentía total en un mayor número de estructuras, ha ayudado a evitar el uso de tanques subterráneos de atenuación. Las balsas de laminación requieren mayor espacio para su implementación.
- vi. El uso de tanques de atenuación añade un mayor coste comparado con la utilización de balsas de laminación. El coste medio de un m³ de un tanque de atenuación es de 265 libras, mientras que el coste medio de un m³ de una balsa de laminación es de 55 libras.
- vii. La implementación de dos sistemas de bombeo para descargar el mismo caudal total de aguas residuales, comparado con la implementación de un único sistema, aumenta el coste en un 9.5%, considerando la valoración económica de las unidades evaluadas.
- viii. Minimizar el diámetro de tuberías y fomentar el uso de tuberías de plástico reduce la huella de carbono del sistema.

APÉNDICE A: DISEÑO DE LA RED DE AGUAS PLUVIALES 1

A.1 DEFINICIÓN DE LA RED DE AGUAS PLUVIALES 1

En este apéndice se presentan las características que definen las tuberías y los pozos de inspección que integran cada una de las subredes que constituyen la red de aguas pluviales 1. Estas características se presentan en la Tabla 13 y la Tabla 14 extraídas de Micro Drainage.

En la Tabla 13 y la Tabla 14 se presenta el nombre de la tubería, el nombre del pozo de inspección situado aguas arriba, la longitud de la tubería, la caída en altura, el gradiente, el área de recogida de precipitación asociada, el nivel de la tubería aguas arriba y aguas abajo, el nivel del suelo en el pozo de inspección aguas arriba, el diámetro de la tubería, la profundidad de la tubería de aguas arriba y el diámetro del pozo de inspección.

Los códigos de colores de las tablas vienen definidos por Micro Drainage y son dependientes de la forma en que se insertan los valores en el programa por parte del usuario. En general, los valores presentados en rojo han sido insertados numéricamente en la tabla mientras que, los que se presentan en azul, o bien han sido insertados en el plano (por ejemplo, trazar las tuberías genera el valor de la longitud y ésta se muestra directamente en la tabla), o bien han sido generados por el programa (como la asignación automática del número de tubería).

En las tablas de definición de las características, el programa resalta en verde las profundidades de tuberías inferiores a 1.2m, que es la profundidad mínima para autovías sin requerir protección adicional. Sin embargo, para desarrollos urbanos como el que es objeto de este estudio, la profundidad mínima es de 0.85m para las calles y zonas de aparcamiento, y de 0.6m para las zonas verdes.

El diseño se ha planteado con los gradientes adecuados para los distintos tamaños de tubería, y con el objetivo de reducir al mínimo las tuberías que requieren protección adicional.

Red pluvial 1a

Tabla 13. Características de la red pluvial 1a según se han definido en Micro Drainage.

Pipe Number	US/MH Name	Pipe Length (m)	Fall (m)	Slope (1:X)	Area (ha)	US/IL (m)	DS/IL (m)	US/CL (m)	Pipe DIA (mm)	US D.Depth (m)	US/MH Diam/Len (mm)
1.000	1	34.663	1.733	20.0	0.084	53.800	52.067	55.000	150	1.050	1200
1.001	2	32.379	0.809	40.0	0.101	51.992	51.182	53.500	225	1.283	1200
1.002	3	29.445	0.294	100.2	0.105	51.107	50.813	52.750	300	1.343	1200
1.003	4	35.218	0.352	100.0	0.096	50.738	50.386	52.500	375	1.387	1350

Pipe Number	US/MH Name	Pipe Length (m)	Fall (m)	Slope (1:X)	Area (ha)	US/IL (m)	DS/IL (m)	US/CL (m)	Pipe DIA (mm)	US D.Depth (m)	US/MH Diam/Len (mm)
1.004	5	38.132	0.381	100.0	0.113	50.386	50.005	52.000	375	1.239	1350
1.005	6	24.449	0.244	100.0	0.090	50.005	49.760	52.000	375	1.620	1350
2.000	7	38.247	1.661	23.0	0.039	54.900	53.239	56.000	150	0.950	1200
2.001	8	34.429	0.831	41.4	0.070	53.164	52.333	54.500	225	1.111	1200
2.002	9	37.935	0.379	100.0	0.076	52.258	51.879	53.750	300	1.192	1200
2.003	10	34.116	0.341	100.0	0.080	51.804	51.463	53.500	375	1.321	1350
2.004	11	35.486	0.355	100.0	0.076	51.463	51.108	53.000	375	1.162	1350
2.005	12	21.309	0.213	100.0	0.072	51.108	50.895	53.000	375	1.517	1350
2.006	13	19.807	0.198	100.0	0.000	50.895	50.697	53.000	375	1.730	1350
3.000	14	30.047	0.839	35.8	0.051	55.900	55.061	57.000	150	0.950	1200
3.001	15	30.547	0.839	36.4	0.065	54.986	54.147	56.250	225	1.039	1200
3.002	16	34.471	0.839	41.1	0.080	54.147	53.308	55.500	225	1.128	1200
3.003	17	30.193	0.839	36.0	0.091	53.233	52.394	54.750	300	1.217	1200
3.004	18	24.659	0.207	119.1	0.065	52.394	52.187	54.500	300	1.806	1200
3.005	19	29.869	0.207	144.3	0.070	52.112	51.905	53.750	375	1.263	1350
3.006	20	37.612	0.793	47.4	0.104	51.905	51.112	53.500	375	1.220	1350
4.000	21	27.344	0.911	30.0	0.051	55.800	54.889	57.000	150	1.050	1200
4.001	22	34.046	1.135	30.0	0.065	54.814	53.679	56.000	225	0.961	1200
4.002	23	30.591	0.786	38.9	0.065	53.604	52.818	55.000	300	1.096	1200
4.003	24	34.273	0.343	99.9	0.086	52.743	52.400	54.000	375	0.882	1350
4.004	25	34.495	0.345	100.0	0.074	52.400	52.055	54.000	375	1.225	1350
4.005	26	25.613	0.431	59.4	0.066	52.055	51.624	53.500	375	1.070	1350
5.000	27	37.505	0.936	40.1	0.027	55.800	54.864	57.000	150	1.050	1200
5.001	28	36.371	0.909	40.0	0.099	54.789	53.880	56.000	225	0.986	1200
5.002	29	35.583	0.593	60.0	0.083	53.805	53.212	55.000	300	0.895	1200
5.003	30	33.832	0.564	60.0	0.114	53.212	52.648	54.500	300	0.988	1200
5.004	31	30.262	0.504	60.0	0.085	52.573	52.069	54.000	375	1.052	1350
5.005	32	32.020	0.320	100.1	0.057	52.069	51.749	53.500	375	1.056	1350
5.006	33	32.564	0.314	103.7	0.043	51.674	51.360	53.000	450	0.876	1350
4.006	34	32.285	0.323	100.0	0.000	51.360	51.037	53.000	450	1.190	1350
3.007	35	46.235	1.000	46.2	0.000	50.000	49.000	53.000	450	2.550	1350
1.006	Tanque 1a	15.959	0.106	150.6	0.000	49.000	48.894	52.000	150	2.850	1350
1.007	S	15.959	0.106	150.6	0.000	48.920	48.814	53.000	150	3.930	1200

Red pluvial 1b

Tabla 14. Características de la red pluvial 1b según se han definido en Micro Drainage.

Pipe Number	US/MH Name	Pipe Length (m)	Fall (m)	Slope (1:X)	Area (ha)	US/IL (m)	DS/IL (m)	US/CL (m)	Pipe DIA (mm)	US D.Depth (m)	US/MH Diam/Len (mm)
1.000	36	27.758	0.925	30.0	0.037	54.700	53.775	56.000	150	1.150	1200
1.001	37	20.308	0.812	25.0	0.060	53.775	52.963	55.000	150	1.075	1200
1.002	38	21.954	0.878	25.0	0.050	52.888	52.010	54.000	225	0.887	1200
2.000	39	36.446	1.458	25.0	0.045	57.600	56.142	59.000	150	1.250	1200
2.001	40	39.061	1.302	30.0	0.061	56.067	54.765	58.000	225	1.708	1200
2.002	41	39.736	0.797	49.9	0.098	53.690	52.893	56.000	225	2.085	1200
2.003	42	36.230	0.362	100.1	0.073	52.743	52.381	54.000	375	0.882	1350
2.004	43	32.538	0.325	100.1	0.034	52.531	52.206	54.000	375	1.094	1350
3.000	44	36.473	1.216	30.0	0.055	57.600	56.384	59.000	150	1.250	1200
3.001	45	30.630	1.532	20.0	0.080	56.309	54.777	58.000	225	1.466	1200



Pipe Number	US/MH Name	Pipe Length (m)	Fall (m)	Slope (1:X)	Area (ha)	US/IL (m)	DS/IL (m)	US/CL (m)	Pipe DIA (mm)	US D.Depth (m)	US/MH Diam/Len (mm)
3.002	46	35.911	1.842	19.5	0.088	54.777	52.935	56.000	225	0.998	1200
3.003	47	34.069	0.602	56.6	0.072	52.785	52.183	54.000	375	0.840	1350
2.005	48	20.339	0.300	67.8	0.055	52.206	51.906	54.000	450	1.344	1350
4.000	49	32.991	1.800	18.3	0.042	56.600	54.800	58.000	150	1.250	1200
4.001	50	24.156	0.483	50.0	0.052	53.300	52.817	56.000	225	2.475	1200
4.002	51	26.022	0.520	50.0	0.060	52.742	52.222	54.000	300	0.958	1200
4.003	52	26.443	0.529	50.0	0.041	52.222	51.693	54.000	300	1.478	1200
2.006	53	35.978	0.360	99.9	0.023	51.468	51.108	54.000	525	2.007	1500
2.007	54	14.302	0.159	89.9	0.007	51.108	50.949	53.000	525	1.367	1500
2.008	55	14.302	0.179	79.9	0.041	50.949	50.770	53.000	525	1.526	1500
1.003	56	11.548	0.206	56.1	0.047	50.770	50.564	53.000	525	1.705	1500
5.000	57	25.917	0.864	30.0	0.045	53.800	52.936	55.000	150	1.050	1200
5.001	58	23.674	1.955	12.1	0.049	52.936	50.981	54.000	150	0.914	1200
1.004	59	14.500	0.181	80.1	0.043	50.564	50.383	54.000	525	2.911	1500
1.005	60	14.500	0.181	80.1	0.000	50.383	50.202	53.500	525	2.592	1500
1.006	61	27.942	0.349	80.1	0.000	50.202	49.853	53.000	525	2.273	1500
6.000	62	39.608	1.980	20.0	0.081	58.900	56.920	60.000	225	0.875	1200
6.001	63	26.587	0.886	30.0	0.079	56.290	55.404	58.000	225	1.485	1200
6.002	64	25.251	0.842	30.0	0.091	55.329	54.487	57.000	300	1.371	1200
6.003	65	25.907	0.864	30.0	0.068	54.487	53.623	56.000	300	1.213	1200
6.004	66	23.273	0.776	30.0	0.064	53.623	52.847	55.000	300	1.077	1200
6.005	67	29.593	0.986	30.0	0.066	52.847	51.861	54.000	300	0.853	1200
6.006	68	21.867	0.575	38.0	0.062	51.786	51.211	53.000	375	0.839	1350
1.007	Pond 1b	29.854	0.715	41.8	0.000	49.000	48.285	53.000	225	3.775	1500

Los elementos de atenuación y los elementos de control de caudales propuestos para cada una de estas subredes son los siguientes:

- **Red pluvial 1a:** el volumen final de la estructura de atenuación asociada a esta red es de 2275m³. Considerando el espacio disponible, no es posible implementar una balsa de laminación y se propone un tanque de retención subterráneo. Sus características se presentan en la Figura 21.

Structure Number	US/MH Name	(DS) Pipe Number	DS/MH Name	Structure Type
1	Tanque 1a	1.006		Cellular Storage

Depth (m)	Area (m ²)	Inf. Area (m ²)
0.000	1137.5	0.0
2.000	1137.5	0.0
2.010	0.0	0.0

Figura 21. Estructura de atenuación propuesta para la red pluvial 1a. Imagen extraída de Micro Drainage.

Además, se propone controlar el caudal de descarga con una placa de orificio. Las características que la definen se presentan en la Figura 22.

Tank Number	DS Pipe Number	US/MH Name	Control Type	Volume (m ³)
1	1.007	S	Orifice	4.9

Figura 22. Placa de orificio propuesta para la red pluvial 1a. Imagen extraída de Micro Drainage.

- **Red pluvial 1b:** el volumen requerido para la estructura de atenuación asociada a esta red es de 1785m³. Considerando el espacio disponible, se va a implementar una balsa de laminación. Sus características se presentan en la Figura 23.

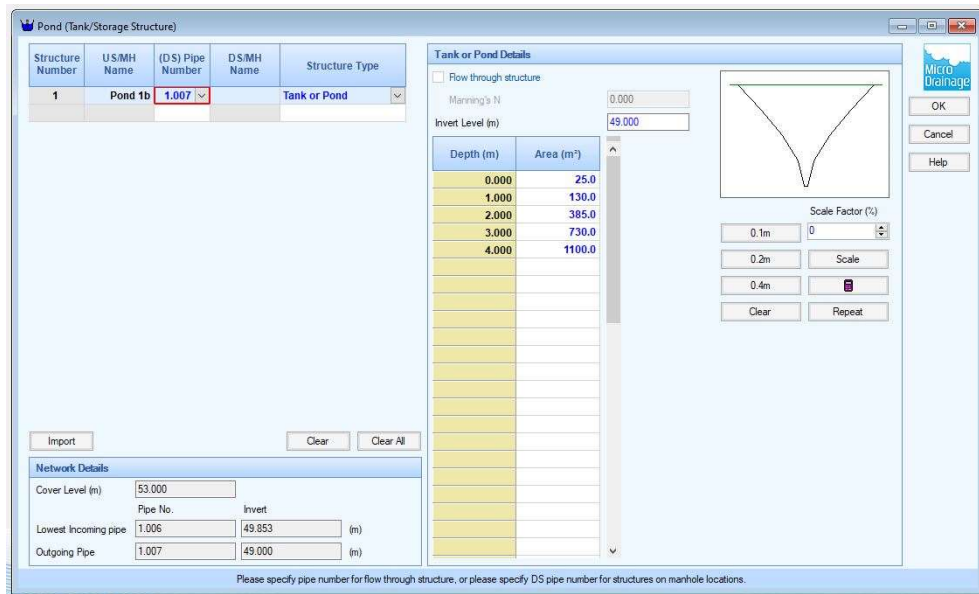


Figura 23. Estructura de atenuación propuesta para la red pluvial 1b. Imagen extraída de Micro Drainage.

Además, se propone controlar el caudal de descarga con una placa de orificio. Las características que la definen se presentan en la Figura 24.

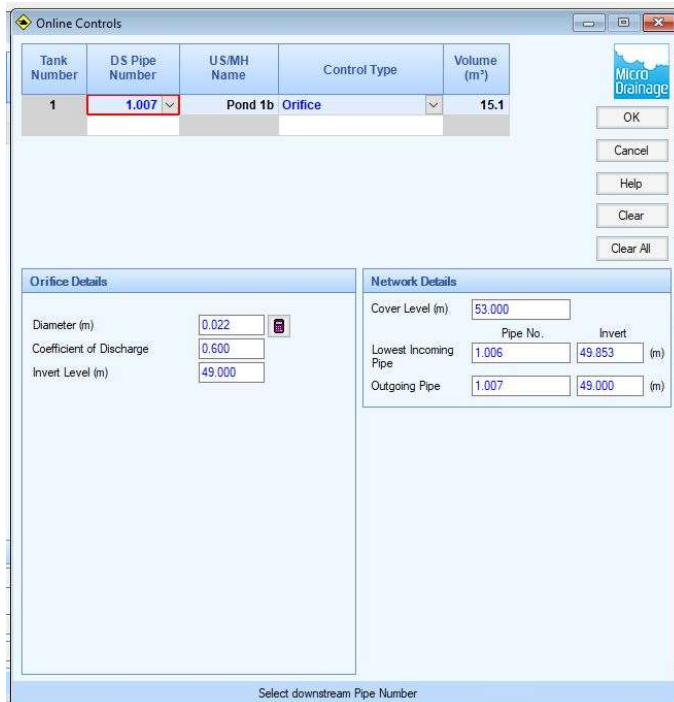


Figura 24. Placa de orificio propuesta para la red pluvial 1b. Imagen extraída de Micro Drainage

A.2 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Como puede verse en las siguientes tablas, los resultados extraídos de Micro Drainage muestran que la solución cumple con los criterios de diseño establecidos para los periodos de retorno de 1 año, 30 años y 100 años con un factor del 40% de Cambio Climático.

Cada una de las tablas incluye el número de tubería, el nombre del pozo de inspección situado aguas arriba, el evento de lluvia, incluyendo duración y periodo de retorno, el nivel del suelo asociado al pozo de inspección situado aguas arriba, el nivel de agua máximo alcanzado, la profundidad de agua en carga medida desde la parte superior de la tubería, la relación caudal/capacidad, el caudal registrado y el estado de la tubería.

Los estados que se identifican para cada una de las tuberías son los siguientes:

- Ok: la tubería no está en carga y el agua fluye de manera libre. El nivel de agua dentro del pozo situado aguas arriba está por debajo de la línea superior de la tubería a lo largo de toda su longitud.
- Surcharged: El nivel de agua dentro del pozo situado aguas arriba está por encima de la línea superior de la tubería en algún punto de su longitud.
- Flood risk: la distancia entre el nivel de agua registrado y la superficie del suelo es menor a 300 milímetros.
- Flood: el nivel de agua estimado está por encima del nivel de suelo y, por tanto, se identifica el volumen de inundación resultante.

Los resultados se muestran en rojo cuando la ratio caudal/capacidad de la tubería es mayor a uno. El resto de los resultados se muestran en azul.

Para cada período de retorno evaluado se presenta la tormenta crítica para cada tubería, siendo la tormenta para la que recoge el mayor nivel de agua en el pozo situado aguas arriba de la misma. El cálculo se ha realizado para las siguientes duraciones: 15, 30, 60, 120, 180, 240, 480, 600, 720 y 1440 minutos. De entre ellas, se presentan valores asociados a la tormenta crítica identificada para cada tubería.

Red pluvial 1a

La Tabla 15, la Tabla 16 y la Tabla 17 muestran los resultados para la red pluvial 1a.

Tabla 15. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 1 año en la red pluvial 1a.

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.000	1	15 minute 1 year Winter I+0%	55.000	53.856	-0.094	0.30	11.5	OK
1.001	2	15 minute 1 year Winter I+0%	53.500	52.076	-0.140	0.30	23.0	OK
1.002	3	15 minute 1 year Winter I+0%	52.750	51.230	-0.177	0.35	35.2	OK
1.003	4	15 minute 1 year Winter I+0%	52.500	50.867	-0.246	0.26	46.0	OK
1.004	5	15 minute 1 year Winter I+0%	52.000	50.533	-0.228	0.32	57.9	OK
1.005	6	15 minute 1 year Winter I+0%	52.000	50.169	-0.211	0.39	67.9	OK
2.000	7	15 minute 1 year Winter I+0%	56.000	54.939	-0.111	0.15	5.3	OK
2.001	8	15 minute 1 year Winter I+0%	54.500	53.228	-0.161	0.18	13.4	OK
2.002	9	15 minute 1 year Winter I+0%	53.750	52.353	-0.205	0.22	22.3	OK
2.003	10	15 minute 1 year Winter I+0%	53.500	51.909	-0.270	0.17	31.2	OK
2.004	11	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.582	-0.256	0.22	39.3	OK
2.005	12	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.243	-0.239	0.28	47.2	OK
2.006	13	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.031	-0.239	0.28	47.5	OK
3.000	14	15 minute 1 year Winter I+0%	57.000	55.950	-0.100	0.24	6.9	OK
3.001	15	15 minute 1 year Winter I+0%	56.250	55.050	-0.161	0.18	14.4	OK
3.002	16	15 minute 1 year Winter I+0%	55.500	54.233	-0.139	0.31	23.8	OK
3.003	17	15 minute 1 year Winter I+0%	54.750	53.325	-0.208	0.20	34.3	OK
3.004	18	15 minute 1 year Winter I+0%	54.500	52.537	-0.157	0.46	41.6	OK
3.005	19	15 minute 1 year Winter I+0%	53.750	52.262	-0.225	0.33	48.9	OK
3.006	20	15 minute 1 year Winter I+0%	53.500	52.027	-0.253	0.23	60.2	OK
4.000	21	15 minute 1 year Winter I+0%	57.000	55.848	-0.102	0.22	6.9	OK
4.001	22	15 minute 1 year Winter I+0%	56.000	54.875	-0.164	0.16	14.4	OK
4.002	23	15 minute 1 year Winter I+0%	55.000	53.678	-0.226	0.13	21.9	OK
4.003	24	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.850	-0.268	0.18	31.9	OK
4.004	25	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.520	-0.255	0.22	40.1	OK
4.005	26	15 minute 1 year Winter I+0%	53.500	52.172	-0.258	0.21	47.4	OK
5.000	27	15 minute 1 year Winter I+0%	57.000	55.837	-0.113	0.13	3.7	OK
5.001	28	15 minute 1 year Winter I+0%	56.000	54.857	-0.157	0.19	15.2	OK
5.002	29	15 minute 1 year Winter I+0%	55.000	53.893	-0.212	0.19	24.8	OK
5.003	30	15 minute 1 year Winter I+0%	54.500	53.321	-0.191	0.29	37.8	OK
5.004	31	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.688	-0.260	0.21	47.4	OK
5.005	32	15 minute 1 year Winter I+0%	53.500	52.210	-0.234	0.30	53.3	OK
5.006	33	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.814	-0.310	0.21	58.1	OK
4.006	34	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.551	-0.259	0.38	105.8	OK
3.007	35	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	50.194	-0.256	0.39	166.0	OK
1.006	Tanque 1a	1440 minute 1 year Winter I+0%	52.000	49.503	0.353	0.11	1.5	SURCHARGED
1.007	S	1440 minute 1 year Winter I+0%	53.000	49.679	0.609	0.07	1.0	SURCHARGED

Tabla 16. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 30 años en la red pluvial 1a.

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.000	1	15 minute 30 year Winter I+0%	55.000	53.896	-0.054	0.73	28.1	OK
1.001	2	15 minute 30 year Winter I+0%	53.500	52.150	-0.067	0.82	63.8	OK
1.002	3	15 minute 30 year Winter I+0%	52.750	51.359	-0.048	0.99	99.6	OK
1.003	4	15 minute 30 year Winter I+0%	52.500	50.982	-0.132	0.73	131.4	OK
1.004	5	15 minute 30 year Winter I+0%	52.000	50.718	-0.043	0.89	161.8	OK
1.005	6	15 minute 30 year Winter I+0%	52.000	50.411	0.031	1.08	186.6	SURCHARGED
2.000	7	15 minute 30 year Winter I+0%	56.000	54.963	-0.087	0.36	12.9	OK
2.001	8	15 minute 30 year Winter I+0%	54.500	53.277	-0.112	0.49	37.7	OK

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
2.002	9	15 minute 30 year Winter I+0%	53.750	52.432	-0.126	0.62	63.8	OK
2.003	10	15 minute 30 year Winter I+0%	53.500	51.996	-0.183	0.50	90.1	OK
2.004	11	15 minute 30 year Winter I+0%	53.000	51.686	-0.152	0.65	116.3	OK
2.005	12	15 minute 30 year Winter I+0%	53.000	51.372	-0.111	0.83	140.1	OK
2.006	13	15 minute 30 year Winter I+0%	53.000	51.156	-0.113	0.83	139.8	OK
3.000	14	15 minute 30 year Winter I+0%	57.000	55.984	-0.066	0.59	16.9	OK
3.001	15	15 minute 30 year Winter I+0%	56.250	55.099	-0.112	0.50	40.1	OK
3.002	16	15 minute 30 year Winter I+0%	55.500	54.314	-0.058	0.89	68.0	OK
3.003	17	15 minute 30 year Winter I+0%	54.750	53.401	-0.132	0.59	100.1	OK
3.004	18	15 minute 30 year Winter I+0%	54.500	52.854	0.160	1.33	120.8	SURCHARGED
3.005	19	15 minute 30 year Winter I+0%	53.750	52.410	-0.077	0.98	143.3	OK
3.006	20	15 minute 30 year Winter I+0%	53.500	52.131	-0.149	0.67	175.8	OK
4.000	21	15 minute 30 year Winter I+0%	57.000	55.880	-0.070	0.54	16.9	OK
4.001	22	15 minute 30 year Winter I+0%	56.000	54.920	-0.119	0.45	40.2	OK
4.002	23	15 minute 30 year Winter I+0%	55.000	53.735	-0.169	0.39	63.4	OK
4.003	24	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	52.937	-0.181	0.52	93.3	OK
4.004	25	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	52.625	-0.150	0.65	117.3	OK
4.005	26	15 minute 30 year Winter I+0%	53.500	52.272	-0.158	0.62	140.1	OK
5.000	27	15 minute 30 year Winter I+0%	57.000	55.860	-0.090	0.33	9.0	OK
5.001	28	15 minute 30 year Winter I+0%	56.000	54.911	-0.103	0.57	44.2	OK
5.002	29	15 minute 30 year Winter I+0%	55.000	53.966	-0.139	0.55	73.3	OK
5.003	30	15 minute 30 year Winter I+0%	54.500	53.429	-0.083	0.85	112.2	OK
5.004	31	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	52.790	-0.158	0.62	141.1	OK
5.005	32	15 minute 30 year Winter I+0%	53.500	52.352	-0.092	0.90	160.6	OK
5.006	33	15 minute 30 year Winter I+0%	53.000	51.964	-0.160	0.62	171.6	OK
4.006	34	15 minute 30 year Winter I+0%	53.000	51.845	0.035	1.08	302.9	SURCHARGED
3.007	35	15 minute 30 year Winter I+0%	53.000	50.661	0.211	1.10	473.0	SURCHARGED
1.006	Tanque 1a	1440 minute 30 year Winter I+0%	52.000	50.088	0.938	0.15	2.0	SURCHARGED
1.007	S	1440 minute 30 year Winter I+0%	53.000	50.253	1.183	0.11	1.5	SURCHARGED

Tabla 17. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 100 años con un factor del 40% de Cambio Climático en la red pluvial 1a.

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.000	1	15 minute 100 year Winter I+40%	55.000	54.948	0.998	1.04	40.3	FLOOD RISK
1.001	2	15 minute 100 year Winter I+40%	53.500	53.347	1.130	1.10	85.5	FLOOD RISK
1.002	3	15 minute 100 year Winter I+40%	52.750	52.398	0.991	1.35	136.0	SURCHARGED
1.003	4	15 minute 100 year Winter I+40%	52.500	51.857	0.744	1.02	183.5	SURCHARGED
1.004	5	15 minute 100 year Winter I+40%	52.000	51.484	0.723	1.32	238.8	SURCHARGED
1.005	6	1440 minute 100 year Winter I+40%	52.000	50.993	0.613	0.09	16.0	SURCHARGED
2.000	7	15 minute 100 year Winter I+40%	56.000	54.990	-0.060	0.65	23.5	OK
2.001	8	15 minute 100 year Winter I+40%	54.500	53.338	-0.051	0.90	68.4	OK
2.002	9	15 minute 100 year Winter I+40%	53.750	52.676	0.118	1.08	111.0	SURCHARGED
2.003	10	15 minute 100 year Winter I+40%	53.500	52.293	0.114	0.81	144.9	SURCHARGED
2.004	11	15 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.075	0.238	1.00	179.4	SURCHARGED
2.005	12	15 minute 100 year Winter I+40%	53.000	51.717	0.234	1.25	212.0	SURCHARGED
2.006	13	15 minute 100 year Winter I+40%	53.000	51.371	0.102	1.27	212.4	SURCHARGED
3.000	14	15 minute 100 year Winter I+40%	57.000	56.355	0.305	0.94	26.8	SURCHARGED
3.001	15	15 minute 100 year Winter I+40%	56.250	55.740	0.529	0.73	59.3	SURCHARGED
3.002	16	15 minute 100 year Winter I+40%	55.500	55.352	0.980	1.23	94.5	FLOOD RISK
3.003	17	15 minute 100 year Winter I+40%	54.750	54.068	0.535	0.83	140.1	SURCHARGED
3.004	18	15 minute 100 year Winter I+40%	54.500	53.486	0.792	1.91	173.2	SURCHARGED
3.005	19	15 minute 100 year Winter I+40%	53.750	52.722	0.235	1.43	210.2	SURCHARGED

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
3.006	20	15 minute 100 year Winter I+40%	53.500	52.356	0.076	0.98	258.9	SURCHARGED
4.000	21	15 minute 100 year Winter I+40%	57.000	55.925	-0.025	0.98	30.6	OK
4.001	22	15 minute 100 year Winter I+40%	56.000	54.970	-0.069	0.81	72.9	OK
4.002	23	15 minute 100 year Winter I+40%	55.000	53.792	-0.112	0.71	115.1	OK
4.003	24	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.223	0.105	0.90	160.6	SURCHARGED
4.004	25	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.013	0.238	1.04	186.6	SURCHARGED
4.005	26	15 minute 100 year Winter I+40%	53.500	52.748	0.318	0.90	203.1	SURCHARGED
5.000	27	15 minute 100 year Winter I+40%	57.000	55.885	-0.065	0.60	16.3	OK
5.001	28	15 minute 100 year Winter I+40%	56.000	55.252	0.238	0.93	72.3	SURCHARGED
5.002	29	15 minute 100 year Winter I+40%	55.000	54.592	0.487	0.84	110.7	SURCHARGED
5.003	30	15 minute 100 year Winter I+40%	54.500	54.225	0.713	1.24	163.5	FLOOD RISK
5.004	31	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.432	0.484	0.84	192.4	SURCHARGED
5.005	32	15 minute 100 year Winter I+40%	53.500	53.098	0.654	1.20	214.0	SURCHARGED
5.006	33	15 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.654	0.530	0.83	228.3	SURCHARGED
4.006	34	15 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.441	0.631	1.50	421.8	SURCHARGED
3.007	35	15 minute 100 year Winter I+40%	53.000	51.722	1.272	1.51	650.4	SURCHARGED
1.006	Tanque 1a	1440 minute 100 year Winter I+40%	52.000	50.993	1.843	0.14	1.9	SURCHARGED
1.007	S	960 minute 100 year Winter I+40%	53.000	50.928	1.858	0.15	2.0	SURCHARGED

Red pluvial 1b

Las Tabla 18, Tabla 19 y Tabla 20 muestran los resultados para la red pluvial 1b.

Tabla 18. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 1 año en la red pluvial 1b.

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.000	36	15 minute 1 year Winter I+0%	56.000	54.740	-0.110	0.16	5.0	OK
1.001	37	15 minute 1 year Winter I+0%	55.000	53.837	-0.088	0.35	11.9	OK
1.002	38	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.954	-0.159	0.18	17.6	OK
2.000	39	15 minute 1 year Winter I+0%	59.000	57.642	-0.108	0.17	6.0	OK
2.001	40	15 minute 1 year Winter I+0%	58.000	56.124	-0.168	0.14	13.0	OK
2.002	41	15 minute 1 year Winter I+0%	56.000	53.782	-0.133	0.35	24.2	OK
2.003	42	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.850	-0.268	0.18	32.4	OK
2.004	43	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.645	-0.261	0.20	35.7	OK
3.000	44	15 minute 1 year Winter I+0%	59.000	57.650	-0.100	0.23	7.4	OK
3.001	45	15 minute 1 year Winter I+0%	58.000	56.368	-0.166	0.15	16.5	OK
3.002	46	15 minute 1 year Winter I+0%	56.000	54.852	-0.150	0.24	26.7	OK
3.003	47	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.881	-0.279	0.15	35.0	OK
2.005	48	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.358	-0.298	0.25	75.9	OK
4.000	49	15 minute 1 year Winter I+0%	58.000	56.638	-0.112	0.14	5.7	OK
4.001	50	15 minute 1 year Winter I+0%	56.000	53.363	-0.162	0.17	11.6	OK
4.002	51	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.815	-0.227	0.13	18.4	OK
4.003	52	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.304	-0.218	0.16	23.3	OK
2.006	53	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	51.644	-0.349	0.24	100.7	OK
2.007	54	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.317	-0.316	0.33	102.3	OK
2.008	55	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.156	-0.318	0.33	106.7	OK
1.003	56	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	50.990	-0.305	0.37	128.0	OK
5.000	57	15 minute 1 year Winter I+0%	55.000	53.845	-0.105	0.20	6.1	OK
5.001	58	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.986	-0.100	0.24	11.7	OK

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.004	59	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	50.807	-0.282	0.44	143.0	OK
1.005	60	15 minute 1 year Winter I+0%	53.500	50.625	-0.283	0.44	142.2	OK
1.006	61	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	50.405	-0.322	0.32	142.4	OK
6.000	62	15 minute 1 year Winter I+0%	60.000	58.947	-0.178	0.10	11.0	OK
6.001	63	15 minute 1 year Winter I+0%	58.000	56.363	-0.152	0.23	20.0	OK
6.002	64	15 minute 1 year Winter I+0%	57.000	55.412	-0.217	0.17	30.4	OK
6.003	65	15 minute 1 year Winter I+0%	56.000	54.581	-0.206	0.21	38.3	OK
6.004	66	15 minute 1 year Winter I+0%	55.000	53.726	-0.197	0.25	45.8	OK
6.005	67	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.957	-0.190	0.29	53.4	OK
6.006	68	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.905	-0.256	0.22	60.5	OK
1.007	Pond 1b	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	50.231	1.006	0.01	1.1	SURCHARGED

Tabla 19. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 30 años en la red pluvial 1b.

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.000	36	15 minute 30 year Winter I+0%	56.000	54.766	-0.084	0.39	12.3	OK
1.001	37	15 minute 30 year Winter I+0%	55.000	53.900	-0.025	1.00	33.5	OK
1.002	38	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	53.006	-0.107	0.54	51.2	OK
2.000	39	15 minute 30 year Winter I+0%	59.000	57.669	-0.081	0.43	14.7	OK
2.001	40	15 minute 30 year Winter I+0%	58.000	56.166	-0.126	0.40	36.0	OK
2.002	41	15 minute 30 year Winter I+0%	56.000	53.891	-0.024	0.99	69.5	OK
2.003	42	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	52.938	-0.180	0.52	93.6	OK
2.004	43	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	52.740	-0.166	0.59	105.1	OK
3.000	44	15 minute 30 year Winter I+0%	59.000	57.683	-0.067	0.57	18.1	OK
3.001	45	15 minute 30 year Winter I+0%	58.000	56.412	-0.122	0.42	46.4	OK
3.002	46	15 minute 30 year Winter I+0%	56.000	54.916	-0.086	0.69	77.5	OK
3.003	47	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	52.958	-0.202	0.43	102.8	OK
2.005	48	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	52.494	-0.162	0.72	223.2	OK
4.000	49	15 minute 30 year Winter I+0%	58.000	56.661	-0.089	0.35	14.0	OK
4.001	50	15 minute 30 year Winter I+0%	56.000	53.410	-0.115	0.48	32.3	OK
4.002	51	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	52.870	-0.172	0.38	53.5	OK
4.003	52	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	52.370	-0.152	0.48	68.1	OK
2.006	53	1440 minute 30 year Winter I+0%	54.000	51.867	-0.126	0.03	13.4	OK
2.007	54	1440 minute 30 year Winter I+0%	53.000	51.867	0.234	0.04	13.4	SURCHARGED
2.008	55	1440 minute 30 year Winter I+0%	53.000	51.867	0.393	0.04	13.6	SURCHARGED
1.003	56	1440 minute 30 year Winter I+0%	53.000	51.868	0.573	0.05	16.1	SURCHARGED
5.000	57	15 minute 30 year Winter I+0%	55.000	53.874	-0.076	0.48	15.0	OK
5.001	58	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	53.026	-0.060	0.66	32.4	OK
1.004	59	1440 minute 30 year Winter I+0%	54.000	51.868	0.779	0.05	17.9	SURCHARGED
1.005	60	1440 minute 30 year Winter I+0%	53.500	51.868	0.960	0.05	17.8	SURCHARGED
1.006	61	1440 minute 30 year Winter I+0%	53.000	51.867	1.140	0.04	17.8	SURCHARGED
6.000	62	15 minute 30 year Winter I+0%	60.000	58.975	-0.150	0.24	27.0	OK
6.001	63	15 minute 30 year Winter I+0%	58.000	56.419	-0.096	0.62	54.8	OK
6.002	64	15 minute 30 year Winter I+0%	57.000	55.476	-0.153	0.48	87.1	OK
6.003	65	15 minute 30 year Winter I+0%	56.000	54.658	-0.129	0.61	111.1	OK
6.004	66	15 minute 30 year Winter I+0%	55.000	53.817	-0.106	0.74	133.4	OK
6.005	67	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	53.061	-0.086	0.84	155.9	OK
6.006	68	15 minute 30 year Winter I+0%	53.000	52.007	-0.154	0.64	176.4	OK
1.007	Pond 1b	1440 minute 30 year Winter I+0%	53.000	51.867	2.642	0.02	1.7	SURCHARGED

Tabla 20. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 100 años con un factor del 40% de Cambio Climático en la red pluvial 1b.

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.000	36	15 minute 100 year Winter I+40%	56.000	55.155	0.305	0.64	19.9	SURCHARGED
1.001	37	15 minute 100 year Winter I+40%	55.000	54.828	0.903	1.44	48.4	FLOOD RISK
1.002	38	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.046	-0.067	0.81	77.4	OK
2.000	39	15 minute 100 year Winter I+40%	59.000	57.701	-0.049	0.77	26.7	OK
2.001	40	15 minute 100 year Winter I+40%	58.000	56.211	-0.081	0.72	65.3	OK
2.002	41	15 minute 100 year Winter I+40%	56.000	55.484	1.569	1.56	109.2	SURCHARGED
2.003	42	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.845	0.727	0.76	137.1	FLOOD RISK
2.004	43	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.678	0.772	0.75	134.0	SURCHARGED
3.000	44	15 minute 100 year Winter I+40%	59.000	57.779	0.029	1.01	31.9	SURCHARGED
3.001	45	15 minute 100 year Winter I+40%	58.000	56.459	-0.075	0.76	83.2	OK
3.002	46	15 minute 100 year Winter I+40%	56.000	55.650	0.648	1.11	123.9	SURCHARGED
3.003	47	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.685	0.525	0.67	160.4	SURCHARGED
2.005	48	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.495	0.839	0.98	301.3	SURCHARGED
4.000	49	15 minute 100 year Winter I+40%	58.000	56.687	-0.063	0.63	25.5	OK
4.001	50	15 minute 100 year Winter I+40%	56.000	53.614	0.089	0.87	58.7	SURCHARGED
4.002	51	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.462	0.420	0.64	90.8	SURCHARGED
4.003	52	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.373	0.851	0.75	106.0	SURCHARGED
2.006	53	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.236	1.243	0.89	370.2	SURCHARGED
2.007	54	15 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.957	1.324	1.20	368.2	FLOOD RISK
2.008	55	15 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.741	1.267	1.17	378.8	FLOOD RISK
1.003	56	1440 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.691	1.396	0.09	29.6	SURCHARGED
5.000	57	15 minute 100 year Winter I+40%	55.000	54.065	0.115	0.82	25.4	SURCHARGED
5.001	58	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.600	0.514	0.98	47.6	SURCHARGED
1.004	59	1440 minute 100 year Winter I+40%	54.000	52.691	1.602	0.10	33.2	SURCHARGED
1.005	60	1440 minute 100 year Winter I+40%	53.500	52.690	1.782	0.10	33.1	SURCHARGED
1.006	61	1440 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.690	1.963	0.07	33.0	SURCHARGED
6.000	62	15 minute 100 year Winter I+40%	60.000	59.005	-0.120	0.44	49.0	OK
6.001	63	15 minute 100 year Winter I+40%	58.000	56.784	0.269	1.07	94.1	SURCHARGED
6.002	64	15 minute 100 year Winter I+40%	57.000	55.880	0.251	0.79	143.2	SURCHARGED
6.003	65	15 minute 100 year Winter I+40%	56.000	55.412	0.625	0.92	168.7	SURCHARGED
6.004	66	15 minute 100 year Winter I+40%	55.000	54.674	0.751	1.11	199.5	SURCHARGED
6.005	67	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.714	0.567	1.25	231.1	FLOOD RISK
6.006	68	1440 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.690	0.529	0.05	13.9	SURCHARGED
1.007	Pond 1b	1440 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.690	3.465	0.03	1.9	SURCHARGED

APÉNDICE B: DISEÑO DE LA RED DE AGUAS PLUVIALES 2

B.1 DEFINICIÓN DE LA RED DE AGUAS PLUVIALES 2

Las dimensiones y características de los elementos que definen estas redes se incluyen en la Tabla 21, la Tabla 22, la Tabla 23 y la Tabla 24. El contenido de las tablas es el descrito en el Apéndice A.

Red pluvial 2a

Tabla 21. Características de definición de la red pluvial 2a según se han definido en Micro Drainage.

Pipe Number	US/MH Name	Pipe Length (m)	Fall (m)	Slope (1:X)	Area (ha)	US/IL (m)	DS/IL (m)	US/CL (m)	Pipe DIA (mm)	US D.Depth (m)	US/MH Diam/Len (mm)
1.000	1	34.663	1.733	20.0	0.084	53.800	52.067	55.000	150	1.050	1200
1.001	2	32.379	0.809	40.0	0.101	51.992	51.183	53.500	225	1.283	1200
1.002	3	29.445	0.294	100.2	0.105	51.108	50.814	52.750	300	1.342	1200
1.003	4	35.218	0.352	100.1	0.096	50.739	50.387	52.500	375	1.386	1350
1.004	5	38.132	0.381	100.1	0.113	50.387	50.006	52.000	375	1.238	1350
1.005	6	24.449	0.244	100.2	0.090	50.006	49.762	52.000	375	1.619	1350
2.000	7	38.247	1.661	23.0	0.039	54.900	53.239	56.000	150	0.950	1200
2.001	8	34.429	0.831	41.4	0.070	53.164	52.333	54.500	225	1.111	1200
2.002	9	37.935	0.379	100.0	0.076	52.258	51.879	53.750	300	1.192	1200
2.003	10	34.116	0.341	100.0	0.080	51.879	51.538	53.500	300	1.321	1200
2.004	11	35.486	0.355	100.0	0.076	51.463	51.108	53.000	375	1.162	1350
2.005	12	21.309	0.213	100.0	0.072	51.108	50.895	53.000	375	1.517	1350
2.006	13	19.807	0.198	100.0	0.000	50.895	50.697	53.000	375	1.730	1350
3.000	14	30.047	0.839	35.8	0.051	55.900	55.061	57.000	225	0.875	1200
3.001	15	30.547	0.839	36.4	0.065	54.986	54.147	56.250	300	0.964	1200
3.002	16	34.471	0.839	41.1	0.080	54.147	53.308	55.500	300	1.053	1200
3.003	17	30.193	0.839	36.0	0.091	53.308	52.469	54.750	300	1.142	1200
3.004	18	24.659	0.207	119.1	0.065	52.394	52.187	54.500	375	1.731	1350
3.005	19	29.869	0.207	144.3	0.070	52.187	51.980	53.750	375	1.188	1350
3.006	20	37.126	0.413	89.9	0.104	51.980	51.567	53.500	375	1.145	1350
3.007	21	46.448	1.000	46.4	0.000	50.567	49.567	53.000	375	2.058	1350
1.006	Pond 2a	31.918	0.106	301.1	0.000	49.000	48.894	52.000	150	2.850	1350

Red pluvial 2b

Tabla 22. Características de definición de la red pluvial 2b según se han definido en Micro Drainage.

Pipe Number	US/MH Name	Pipe Length (m)	Fall (m)	Slope (1:X)	Area (ha)	US/IL (m)	DS/IL (m)	US/CL (m)	Pipe DIA (mm)	US/MH Diam/Len (mm)
1.000	22	31.588	1.053	30.0	0.009	55.900	54.847	57.000	150	1200
1.001	23	28.726	0.958	30.0	0.080	54.772	53.814	56.000	225	1200
1.002	24	29.897	0.747	40.0	0.063	53.814	53.067	55.000	225	1200
1.003	25	30.872	0.309	99.9	0.068	52.992	52.683	54.500	300	1200
1.004	26	37.351	0.374	99.9	0.079	52.683	52.309	54.000	300	1200
1.005	27	21.090	0.422	50.0	0.062	52.309	51.887	53.500	300	1200

Pipe Number	US/MH Name	Pipe Length (m)	Fall (m)	Slope (1:X)	Area (ha)	US/IL (m)	DS/IL (m)	US/CL (m)	Pipe DIA (mm)	US/MH Diam/Len (mm)
1.006	28	29.410	0.588	50.0	0.048	51.887	51.299	53.000	300	1200
2.000	29	31.321	1.044	30.0	0.016	55.900	54.856	57.000	225	1200
2.001	30	27.651	0.922	30.0	0.061	54.856	53.934	56.000	225	1200
2.002	31	23.522	0.784	30.0	0.060	53.859	53.075	55.000	300	1200
2.003	32	23.088	0.770	30.0	0.042	53.075	52.305	54.500	300	1200
2.004	33	26.836	0.268	100.1	0.051	52.305	52.037	54.000	300	1200
2.005	34	32.209	0.322	100.0	0.070	52.037	51.715	53.500	300	1200
2.006	35	28.337	0.142	199.6	0.059	51.640	51.498	53.000	375	1350
2.007	36	13.267	0.066	201.0	0.043	51.498	51.432	53.000	375	1350
2.008	37	25.638	0.128	200.3	0.000	51.432	51.304	53.000	375	1350
1.007	Pond 2b	32.928	0.165	199.6	0.000	50.425	50.260	52.500	225	1350

Red pluvial 2c

Tabla 23. Características de definición de la red pluvial 2c según se han definido en Micro Drainage.

Pipe Number	US/MH Name	Pipe Length (m)	Fall (m)	Slope (1:X)	Area (ha)	US/IL (m)	DS/IL (m)	US/CL (m)	Pipe DIA (mm)	US D.Depth (m)	US/MH Diam/Len (mm)
1.000	38	33.423	0.955	35.0	0.050	57.700	56.745	59.000	150	1.150	1200
1.001	39	38.668	1.933	20.0	0.084	56.670	54.737	58.000	225	1.105	1200
1.002	40	36.844	1.842	20.0	0.097	54.737	52.895	56.000	225	1.038	1200
1.003	41	39.382	0.394	100.0	0.111	52.745	52.351	54.000	375	0.880	1350
1.004	42	19.712	0.197	100.1	0.059	51.500	51.303	54.000	375	2.125	1350
2.000	43	33.424	0.791	42.3	0.044	57.650	56.859	59.000	150	1.200	1200
2.001	44	35.780	1.835	19.5	0.073	56.784	54.949	58.000	225	0.991	1200
2.002	45	27.992	0.933	30.0	0.059	53.800	52.867	56.000	300	1.900	1200
2.003	46	32.277	1.076	30.0	0.060	52.867	51.791	54.000	300	0.833	1200
3.000	47	29.678	2.000	14.8	0.047	57.000	55.000	58.000	150	0.850	1200
3.001	48	23.888	1.194	20.0	0.065	54.150	52.956	56.000	225	1.625	1200
3.002	49	27.678	0.138	200.6	0.076	52.881	52.743	54.000	300	0.819	1200
3.003	50	25.373	0.127	199.8	0.054	52.668	52.541	54.000	375	0.957	1350
3.004	51	13.408	0.067	200.1	0.058	51.500	51.433	54.000	375	2.125	1350
2.004	52	26.875	0.136	197.6	0.043	51.433	51.297	53.000	375	1.192	1350
1.005	Pond 2c	18.678	0.062	301.3	0.000	50.000	49.938	53.000	150	2.850	1350

Red pluvial 2d

Tabla 24. Características de definición de la red pluvial 2d según se han definido en Micro Drainage.

Pipe Number	US/MH Name	Pipe Length (m)	Fall (m)	Slope (1:X)	Area (ha)	US/IL (m)	DS/IL (m)	US/CL (m)	Pipe DIA (mm)	US D.Depth (m)	US/MH Diam/Len (mm)
1.000	53	27.758	0.991	28.0	0.037	55.000	54.009	56.000	150	0.850	1200
1.001	54	20.308	1.015	20.0	0.060	54.009	52.994	55.000	150	0.841	1200
1.002	55	21.954	1.098	20.0	0.050	52.919	51.821	54.000	225	0.856	1200
2.000	56	14.302	0.143	100.0	0.007	51.900	51.757	53.000	150	0.950	1200
2.001	57	14.302	0.143	100.0	0.041	51.682	51.539	53.000	225	1.093	1200
1.003	58	11.548	0.058	199.1	0.047	51.464	51.406	53.000	300	1.236	1200
3.000	59	25.917	1.296	20.0	0.045	54.000	52.704	55.000	150	0.850	1200
3.001	60	23.674	0.676	35.0	0.049	52.704	52.028	54.000	150	1.146	1200

Pipe Number	US/MH Name	Pipe Length (m)	Fall (m)	Slope (1:X)	Area (ha)	US/IL (m)	DS/IL (m)	US/CL (m)	Pipe DIA (mm)	US D.Depth (m)	US/MH Diam/Len (mm)
1.004	61	14.500	0.073	198.6	0.043	51.331	51.258	54.000	375	2.294	1350
1.005	62	14.500	0.073	198.6	0.000	51.258	51.185	53.500	375	1.867	1350
1.006	63	27.942	0.140	199.6	0.000	51.185	51.045	53.000	375	1.440	1350
4.000	64	39.608	1.980	20.0	0.081	58.900	56.920	60.000	225	0.875	1200
4.001	65	26.587	0.886	30.0	0.079	56.290	55.404	58.000	225	1.485	1200
4.002	66	25.251	0.842	30.0	0.091	55.329	54.487	57.000	300	1.371	1200
4.003	67	25.907	0.864	30.0	0.068	54.487	53.623	56.000	300	1.213	1200
4.004	68	23.273	0.776	30.0	0.064	53.623	52.847	55.000	300	1.077	1200
4.005	69	29.593	0.986	30.0	0.066	52.847	51.861	54.000	300	0.853	1200
4.006	70	21.867	0.300	72.9	0.062	50.800	50.500	53.000	375	1.825	1350
1.007	Pond 2d	29.854	0.715	41.8	0.000	50.500	49.785	53.000	225	2.275	1350

Los elementos de atenuación y las válvulas de control de caudales propuestos para cada una de estas 4 redes son los siguientes:

- **Red pluvial 2a:** el volumen de la estructura de atenuación asociada a esta red es de 1450m³. Considerando el espacio disponible, se va a implementar una balsa de laminación. Sus características se presentan en la Figura 25.

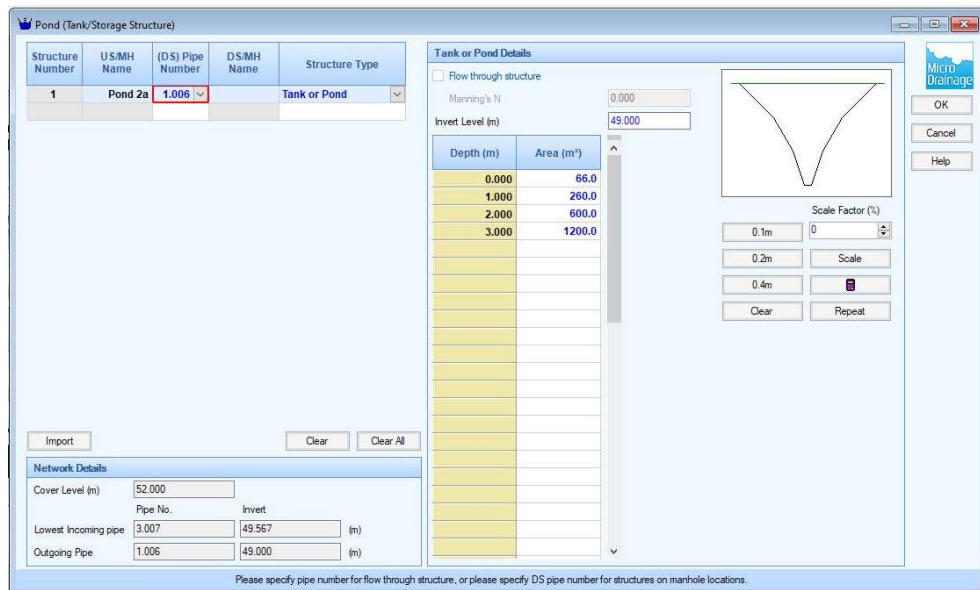


Figura 25. Estructura de atenuación propuesta para la red pluvial 2a. Imagen extraída de Micro Drainage.

Además, se propone controlar el caudal de descarga con una placa de orificio. Las características que la definen se presentan en la Figura 26.

Tank Number	DS Pipe Number	U.S./MH Name	Control Type	Volume (m³)
1	1.006	Pond 2a	Orifice	13.9

Orifice Details

Diameter (m): 0.023
 Coefficient of Discharge: 0.600
 Invert Level (m): 49.000

Network Details

Cover Level (m): 52.000
 Pipe No.: 1.006
 Invert: 49.000 (m)

Figura 26. Placa de orificio propuesta para la red pluvial 2a. Imagen extraída de Micro Drainage

- **Red pluvial 2b:** el volumen de la estructura de atenuación asociada a esta red es de 655m³. Considerando el espacio disponible, se va a implementar una balsa de laminación. Sus características se presentan en la Figura 27.

Structure Number	U.S./MH Name	(DS) Pipe Number	DS/MH Name	Structure Type
1	Pond 2b	1.007		Tank or Pond

Tank or Pond Details

Manning's N: 0.000
 Invert Level (m): 50.500

Depth (m)	Area (m²)
0.000	118.0
1.000	360.0
1.500	450.0

Network Details

Cover Level (m): 52.500
 Pipe No.: 1.006
 Invert: 51.299 (m)
 Lowest Incoming pipe: 1.006 (m)
 Outgoing Pipe: 1.007 (m)

Figura 27. Estructura de atenuación propuesta para la red pluvial 2b. Imagen extraída de Micro Drainage.

Además, se propone controlar el caudal de descarga con una placa de orificio. Las características que la definen se muestran en la Figura 28.

Online Controls

Tank Number	DS Pipe Number	U.S./MH Name	Control Type	Volume (m³)
1	1.007	Pond 2b	Orifice	7.6

Orifice Details

Diameter (m): 0.026
 Coefficient of Discharge: 0.600
 Invert Level (m): 50.425

Network Details

Cover Level (m): 52.500

Lowest Incoming Pipe	Pipe No.	Invert (m)
1.006		51.299
Outgoing Pipe	1.007	50.425

Select downstream Pipe Number

Figura 28. Placa de orificio propuesta para la red pluvial 2b. Imagen extraída de Micro Drainage

- **Red pluvial 2c:** el volumen de la estructura de atenuación asociada a esta red es de 830m³. Considerando el espacio disponible, se va a implementar una balsa de laminación. Sus características se presentan en la Figura 29.

Pond (Tank/Storage Structure)

Structure Number	U.S./MH Name	(DS) Pipe Number	DS/MH Name	Structure Type
1	Pond 2c	1.005		Tank or Pond

Tank or Pond Details

Flow through structure:
 Manning's N: 0.000
 Invert Level (m): 50.000

Depth (m)	Area (m²)
0.000	37.0
1.000	133.0
2.000	350.0
3.000	700.0

Scale Factor (%): 0
 Scale: 0.1m, 0.2m, 0.4m, Clear, Repeat

Network Details

Cover Level (m): 53.000

Lowest Incoming pipe	Pipe No.	Invert (m)
2.004		51.297
Outgoing Pipe	1.005	50.000

Please specify pipe number for flow through structure, or please specify DS pipe number for structures on manhole locations.

Figura 29. Estructura de atenuación propuesta para la red pluvial 2c. Imagen extraída de Micro Drainage.

Además, se propone controlar el caudal de descarga con una placa de orificio. Las características que la definen se muestran en la Figura 30.

Online Controls

Tank Number	DS Pipe Number	U.S./MH Name	Control Type	Volume (m³)
1	1.005	Pond 2c	Orifice	9.1

Orifice Details

Diameter (m): 0.023
 Coefficient of Discharge: 0.600
 Invert Level (m): 50.000

Network Details

Cover Level (m): 53.000
 Pipe No.:
 Lowest Incoming Pipe: 2.004 (Invert: 51.297 m)
 Outgoing Pipe: 1.005 (Invert: 50.000 m)

Select downstream Pipe Number

Figura 30. Placa de orificio propuesta para la red pluvial 2c. Imagen extraída de Micro Drainage

- **Red pluvial 2d:** el volumen de la estructura de atenuación asociada a esta red es de 870m³. Considerando el espacio disponible, se va a implementar una balsa de laminación. Sus características se presentan en la Figura 31.

Pond (Tank/Storage Structure)

Structure Number	U.S./MH Name	(DS) Pipe Number	DS/MH Name	Structure Type
1	Pond 2d	1.007		Tank or Pond

Tank or Pond Details

Flow through structure:
 Manning's N: 0.000
 Invert Level (m): 50.500

Depth (m)	Area (m²)
0.000	96.0
1.000	260.0
2.000	538.0
2.500	690.0

Scale Factor (%): 0
 Scale: 0.1m, 0.2m, 0.4m, Clear, Repeat

Network Details

Cover Level (m): 53.000
 Pipe No.:
 Lowest Incoming pipe: 4.006 (Invert: 50.500 m)
 Outgoing Pipe: 1.007 (Invert: 50.500 m)

Please specify pipe number for flow through structure, or please specify DS pipe number for structures on manhole locations.

Figura 31. Estructura de atenuación propuesta para la red pluvial 2d. Imagen extraída de Micro Drainage.

Además, se propone controlar el caudal de descarga con una placa de orificio. Las características que la definen se muestran en la Figura 32.

Figura 32. Placa de orificio propuesta para la red pluvial 2d. Imagen extraída de Micro Drainage

B.2 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Como puede verse en las siguientes tablas, los resultados extraídos de Micro Drainage demuestran que la solución cumple con los criterios de diseño establecidos para los periodos de retorno de 1 año, 30 años y 100 años con un factor del 40% de Cambio Climático.

El contenido de las tablas de resultados es el descrito en el Apéndice A.

Red pluvial 2a

La Tabla 25, la Tabla 26 y la Tabla 27 presentan los resultados para la red pluvial 2a.

Tabla 25. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 1 año en la red pluvial 2a.

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.000	1	15 minute 1 year Winter I+0%	55.000	53.856	-0.094	0.30	11.5	OK
1.001	2	15 minute 1 year Winter I+0%	53.500	52.077	-0.140	0.30	23.0	OK
1.002	3	15 minute 1 year Winter I+0%	52.750	51.231	-0.177	0.35	35.2	OK
1.003	4	15 minute 1 year Winter I+0%	52.500	50.868	-0.246	0.26	46.0	OK
1.004	5	15 minute 1 year Winter I+0%	52.000	50.534	-0.228	0.32	57.9	OK
1.005	6	15 minute 1 year Winter I+0%	52.000	50.170	-0.211	0.39	68.1	OK
2.000	7	15 minute 1 year Winter I+0%	56.000	54.939	-0.111	0.15	5.3	OK
2.001	8	15 minute 1 year Winter I+0%	54.500	53.228	-0.161	0.18	13.4	OK
2.002	9	15 minute 1 year Winter I+0%	53.750	52.353	-0.205	0.22	22.2	OK
2.003	10	15 minute 1 year Winter I+0%	53.500	51.992	-0.187	0.30	31.0	OK
2.004	11	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.582	-0.256	0.22	39.1	OK

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
2.005	12	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.243	-0.240	0.28	47.0	OK
2.006	13	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.030	-0.239	0.28	47.3	OK
3.000	14	15 minute 1 year Winter I+0%	57.000	55.944	-0.181	0.09	6.9	OK
3.001	15	15 minute 1 year Winter I+0%	56.250	55.046	-0.240	0.09	14.4	OK
3.002	16	15 minute 1 year Winter I+0%	55.500	54.224	-0.223	0.15	23.7	OK
3.003	17	15 minute 1 year Winter I+0%	54.750	53.400	-0.208	0.20	34.2	OK
3.004	18	15 minute 1 year Winter I+0%	54.500	52.525	-0.244	0.26	41.8	OK
3.005	19	15 minute 1 year Winter I+0%	53.750	52.337	-0.225	0.34	49.5	OK
3.006	20	15 minute 1 year Winter I+0%	53.500	52.126	-0.229	0.32	60.9	OK
3.007	21	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	50.687	-0.255	0.23	61.2	OK
1.006	Pond 2a	15 minute 1 year Winter I+0%	52.000	49.752	0.602	0.10	1.0	SURCHARGED

Tabla 26. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 30 años en la red pluvial 2a.

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.000	1	15 minute 30 year Winter I+0%	55.000	53.896	-0.054	0.73	28.1	OK
1.001	2	15 minute 30 year Winter I+0%	53.500	52.150	-0.067	0.82	63.8	OK
1.002	3	15 minute 30 year Winter I+0%	52.750	51.360	-0.048	0.99	99.6	OK
1.003	4	1440 minute 30 year Winter I+0%	52.500	51.158	0.044	0.03	5.9	SURCHARGED
1.004	5	1440 minute 30 year Winter I+0%	52.000	51.158	0.396	0.04	7.3	SURCHARGED
1.005	6	1440 minute 30 year Winter I+0%	52.000	51.159	0.778	0.05	8.2	SURCHARGED
2.000	7	15 minute 30 year Winter I+0%	56.000	54.963	-0.087	0.36	12.9	OK
2.001	8	15 minute 30 year Winter I+0%	54.500	53.277	-0.112	0.49	37.7	OK
2.002	9	15 minute 30 year Winter I+0%	53.750	52.432	-0.126	0.62	63.8	OK
2.003	10	15 minute 30 year Winter I+0%	53.500	52.103	-0.076	0.89	90.5	OK
2.004	11	15 minute 30 year Winter I+0%	53.000	51.685	-0.153	0.64	115.7	OK
2.005	12	15 minute 30 year Winter I+0%	53.000	51.370	-0.113	0.82	139.1	OK
2.006	13	1440 minute 30 year Winter I+0%	53.000	51.159	-0.111	0.04	6.3	OK
3.000	14	15 minute 30 year Winter I+0%	57.000	55.970	-0.155	0.21	17.1	OK
3.001	15	15 minute 30 year Winter I+0%	56.250	55.086	-0.200	0.24	40.3	OK
3.002	16	15 minute 30 year Winter I+0%	55.500	54.285	-0.162	0.43	68.9	OK
3.003	17	15 minute 30 year Winter I+0%	54.750	53.477	-0.131	0.60	101.4	OK
3.004	18	15 minute 30 year Winter I+0%	54.500	52.647	-0.122	0.79	124.3	OK
3.005	19	15 minute 30 year Winter I+0%	53.750	52.499	-0.063	1.00	146.2	OK
3.006	20	15 minute 30 year Winter I+0%	53.500	52.270	-0.085	0.95	180.2	OK
3.007	21	1440 minute 30 year Winter I+0%	53.000	51.159	0.217	0.03	8.0	SURCHARGED
1.006	Pond 2a	1440 minute 30 year Winter I+0%	52.000	51.159	2.009	0.17	1.6	SURCHARGED

Tabla 27. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 100 años con un factor del 40% de Cambio Climático en la red pluvial 2a.

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.000	1	15 minute 100 year Winter I+40%	55.000	54.946	0.996	1.04	39.9	FLOOD RISK
1.001	2	15 minute 100 year Winter I+40%	53.500	53.340	1.123	1.09	84.4	FLOOD RISK
1.002	3	15 minute 100 year Winter I+40%	52.750	52.392	0.984	1.34	135.1	SURCHARGED
1.003	4	15 minute 100 year Winter I+40%	52.500	51.852	0.738	1.01	181.5	SURCHARGED
1.004	5	1440 minute 100 year Winter I+40%	52.000	51.834	1.072	0.07	12.9	FLOOD RISK
1.005	6	1440 minute 100 year Winter I+40%	52.000	51.833	1.452	0.09	15.2	FLOOD RISK
2.000	7	15 minute 100 year Winter I+40%	56.000	54.990	-0.060	0.65	23.5	OK
2.001	8	15 minute 100 year Winter I+40%	54.500	53.530	0.141	0.83	63.2	SURCHARGED

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
2.002	9	15 minute 100 year Winter I+40%	53.750	53.016	0.458	0.97	100.0	SURCHARGED
2.003	10	15 minute 100 year Winter I+40%	53.500	52.667	0.489	1.39	141.7	SURCHARGED
2.004	11	15 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.014	0.176	0.97	174.4	SURCHARGED
2.005	12	1440 minute 100 year Winter I+40%	53.000	51.833	0.350	0.07	11.3	SURCHARGED
2.006	13	1440 minute 100 year Winter I+40%	53.000	51.832	0.563	0.07	10.9	SURCHARGED
3.000	14	15 minute 100 year Winter I+40%	57.000	55.997	-0.128	0.38	31.1	OK
3.001	15	15 minute 100 year Winter I+40%	56.250	55.125	-0.161	0.44	73.2	OK
3.002	16	15 minute 100 year Winter I+40%	55.500	54.595	0.148	0.73	116.8	SURCHARGED
3.003	17	15 minute 100 year Winter I+40%	54.750	54.231	0.623	0.90	152.8	SURCHARGED
3.004	18	15 minute 100 year Winter I+40%	54.500	53.551	0.782	1.17	185.8	SURCHARGED
3.005	19	15 minute 100 year Winter I+40%	53.750	53.266	0.704	1.50	220.4	SURCHARGED
3.006	20	15 minute 100 year Winter I+40%	53.500	52.795	0.440	1.43	271.7	SURCHARGED
3.007	21	1440 minute 100 year Winter I+40%	53.000	51.833	0.891	0.05	14.3	SURCHARGED
1.006	Pond 2a	1440 minute 100 year Winter I+40%	52.000	51.833	2.683	0.19	1.9	FLOOD RISK

Red pluvial 2b

La Tabla 28, la Tabla 29 y la Tabla 30 presentan los resultados para la red pluvial 2b.

Tabla 28. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 1 año en la red pluvial 2b.

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.000	22	15 minute 1 year Winter I+0%	57.000	55.919	-0.131	0.04	1.2	OK
1.001	23	15 minute 1 year Winter I+0%	56.000	54.823	-0.174	0.12	10.4	OK
1.002	24	15 minute 1 year Winter I+0%	55.000	53.887	-0.152	0.23	17.6	OK
1.003	25	15 minute 1 year Winter I+0%	54.500	53.094	-0.198	0.25	25.5	OK
1.004	26	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.803	-0.180	0.33	34.2	OK
1.005	27	15 minute 1 year Winter I+0%	53.500	52.421	-0.188	0.30	40.9	OK
1.006	28	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	52.005	-0.182	0.32	45.9	OK
2.000	29	15 minute 1 year Winter I+0%	57.000	55.924	-0.201	0.02	2.2	OK
2.001	30	15 minute 1 year Winter I+0%	56.000	54.905	-0.176	0.10	9.3	OK
2.002	31	15 minute 1 year Winter I+0%	55.000	53.920	-0.239	0.09	16.1	OK
2.003	32	15 minute 1 year Winter I+0%	54.500	53.143	-0.232	0.12	21.0	OK
2.004	33	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.411	-0.194	0.27	26.9	OK
2.005	34	15 minute 1 year Winter I+0%	53.500	52.158	-0.179	0.34	34.5	OK
2.006	35	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.789	-0.226	0.33	40.8	OK
2.007	36	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.668	-0.205	0.42	45.4	OK
2.008	37	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.590	-0.217	0.37	45.0	OK
1.007	Pond 2b	960 minute 1 year Winter I+0%	52.500	51.202	0.552	0.04	1.2	SURCHARGED

Tabla 29. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 30 años en la red pluvial 2b.

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.000	22	15 minute 30 year Winter I+0%	57.000	55.931	-0.119	0.10	3.0	OK
1.001	23	15 minute 30 year Winter I+0%	56.000	54.865	-0.132	0.36	31.6	OK
1.002	24	15 minute 30 year Winter I+0%	55.000	53.954	-0.085	0.70	54.0	OK
1.003	25	15 minute 30 year Winter I+0%	54.500	53.191	-0.101	0.77	77.7	OK
1.004	26	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	52.944	-0.039	1.00	102.5	OK
1.005	27	15 minute 30 year Winter I+0%	53.500	52.531	-0.078	0.89	122.3	OK

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.006	28	15 minute 30 year Winter I+0%	53.000	52.124	-0.063	0.97	137.8	OK
2.000	29	15 minute 30 year Winter I+0%	57.000	55.936	-0.189	0.06	5.4	OK
2.001	30	15 minute 30 year Winter I+0%	56.000	54.942	-0.139	0.31	27.3	OK
2.002	31	15 minute 30 year Winter I+0%	55.000	53.965	-0.194	0.27	48.6	OK
2.003	32	15 minute 30 year Winter I+0%	54.500	53.198	-0.177	0.35	63.6	OK
2.004	33	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	52.512	-0.093	0.81	81.1	OK
2.005	34	15 minute 30 year Winter I+0%	53.500	52.318	-0.019	0.98	99.5	OK
2.006	35	15 minute 30 year Winter I+0%	53.000	52.020	0.005	0.92	114.1	SURCHARGED
2.007	36	15 minute 30 year Winter I+0%	53.000	51.895	0.022	1.16	124.8	SURCHARGED
2.008	37	15 minute 30 year Winter I+0%	53.000	51.787	-0.020	1.00	122.3	OK
1.007	Pond 2b	1440 minute 30 year Winter I+0%	52.500	51.742	1.092	0.05	1.6	SURCHARGED

Tabla 30. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 100 años con un factor del 40% de Cambio Climático en la red pluvial 2b.

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.000	22	15 minute 100 year Winter I+40%	57.000	55.943	-0.107	0.18	5.5	OK
1.001	23	15 minute 100 year Winter I+40%	56.000	55.120	0.123	0.62	55.0	SURCHARGED
1.002	24	15 minute 100 year Winter I+40%	55.000	54.904	0.865	0.98	75.7	FLOOD RISK
1.003	25	15 minute 100 year Winter I+40%	54.500	54.276	0.984	1.01	102.7	FLOOD RISK
1.004	26	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.958	0.975	1.35	139.0	FLOOD RISK
1.005	27	15 minute 100 year Winter I+40%	53.500	53.267	0.658	1.21	167.4	FLOOD RISK
1.006	28	15 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.638	0.451	1.32	188.9	SURCHARGED
2.000	29	15 minute 100 year Winter I+40%	57.000	55.950	-0.175	0.11	9.9	OK
2.001	30	15 minute 100 year Winter I+40%	56.000	54.977	-0.104	0.56	49.5	OK
2.002	31	15 minute 100 year Winter I+40%	55.000	54.024	-0.135	0.49	88.2	OK
2.003	32	15 minute 100 year Winter I+40%	54.500	53.898	0.523	0.56	100.7	SURCHARGED
2.004	33	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.699	1.094	1.19	118.8	SURCHARGED
2.005	34	15 minute 100 year Winter I+40%	53.500	53.319	0.982	1.50	152.2	FLOOD RISK
2.006	35	15 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.575	0.560	1.45	179.3	SURCHARGED
2.007	36	1440 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.415	0.542	0.10	10.3	SURCHARGED
2.008	37	1440 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.414	0.607	0.08	10.1	SURCHARGED
1.007	Pond 2b	1440 minute 100 year Winter I+40%	52.500	52.414	1.764	0.06	2.0	FLOOD RISK

Red pluvial 2c

La Tabla 31, la Tabla 32 y la Tabla 33 presentan los resultados para la red pluvial 2c.

Tabla 31. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 1 año en la red pluvial 2c.

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.000	38	15 minute 1 year Winter I+0%	59.000	57.749	-0.101	0.23	6.7	OK
1.001	39	15 minute 1 year Winter I+0%	58.000	56.728	-0.167	0.15	16.2	OK
1.002	40	15 minute 1 year Winter I+0%	56.000	54.813	-0.149	0.25	27.4	OK
1.003	41	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.865	-0.255	0.22	40.3	OK
1.004	42	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	51.635	-0.240	0.28	47.0	OK
2.000	43	15 minute 1 year Winter I+0%	59.000	57.698	-0.102	0.22	5.9	OK
2.001	44	15 minute 1 year Winter I+0%	58.000	56.838	-0.171	0.13	14.2	OK
2.002	45	15 minute 1 year Winter I+0%	56.000	53.868	-0.232	0.11	20.9	OK

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
2.003	46	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.944	-0.223	0.15	27.8	OK
3.000	47	15 minute 1 year Winter I+0%	58.000	57.038	-0.112	0.14	6.3	OK
3.001	48	15 minute 1 year Winter I+0%	56.000	54.204	-0.171	0.13	13.7	OK
3.002	49	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.998	-0.183	0.32	22.4	OK
3.003	50	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.790	-0.253	0.23	28.4	OK
3.004	51	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	51.662	-0.213	0.32	34.7	OK
2.004	52	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.630	-0.178	0.54	66.7	OK
1.005	Pond 2c	960 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.481	1.331	0.14	1.3	SURCHARGED

Tabla 32. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 30 años en la red pluvial 2c.

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.000	38	15 minute 30 year Winter I+0%	59.000	57.782	-0.068	0.57	16.5	OK
1.001	39	15 minute 30 year Winter I+0%	58.000	56.772	-0.123	0.42	46.0	OK
1.002	40	15 minute 30 year Winter I+0%	56.000	54.881	-0.081	0.73	80.3	OK
1.003	41	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	52.968	-0.152	0.65	118.8	OK
1.004	42	1440 minute 30 year Winter I+0%	54.000	52.219	0.344	0.04	6.0	SURCHARGED
2.000	43	15 minute 30 year Winter I+0%	59.000	57.731	-0.069	0.55	14.4	OK
2.001	44	15 minute 30 year Winter I+0%	58.000	56.878	-0.131	0.36	40.0	OK
2.002	45	15 minute 30 year Winter I+0%	56.000	53.919	-0.181	0.33	60.7	OK
2.003	46	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	53.007	-0.160	0.44	81.8	OK
3.000	47	15 minute 30 year Winter I+0%	58.000	57.062	-0.088	0.35	15.6	OK
3.001	48	15 minute 30 year Winter I+0%	56.000	54.243	-0.132	0.36	38.4	OK
3.002	49	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	53.109	-0.072	0.91	64.0	OK
3.003	50	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	52.896	-0.147	0.67	82.5	OK
3.004	51	1440 minute 30 year Winter I+0%	54.000	52.219	0.344	0.04	4.5	SURCHARGED
2.004	52	1440 minute 30 year Winter I+0%	53.000	52.219	0.411	0.07	8.5	SURCHARGED
1.005	Pond 2c	1440 minute 30 year Winter I+0%	53.000	52.218	2.068	0.17	1.6	SURCHARGED

Tabla 33. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 100 años con un factor del 40% de Cambio Climático en la red pluvial 2c.

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.000	38	15 minute 100 year Winter I+40%	59.000	57.864	0.014	1.01	29.3	SURCHARGED
1.001	39	15 minute 100 year Winter I+40%	58.000	56.816	-0.079	0.75	82.8	OK
1.002	40	15 minute 100 year Winter I+40%	56.000	55.721	0.759	1.18	130.1	FLOOD RISK
1.003	41	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.171	0.051	1.07	194.4	SURCHARGED
1.004	42	1440 minute 100 year Winter I+40%	54.000	52.910	1.035	0.06	10.8	SURCHARGED
2.000	43	15 minute 100 year Winter I+40%	59.000	57.786	-0.014	0.99	26.3	OK
2.001	44	15 minute 100 year Winter I+40%	58.000	56.917	-0.092	0.65	72.4	OK
2.002	45	15 minute 100 year Winter I+40%	56.000	53.968	-0.132	0.60	110.1	OK
2.003	46	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.199	0.032	0.76	141.0	SURCHARGED
3.000	47	15 minute 100 year Winter I+40%	58.000	57.088	-0.062	0.64	28.3	OK
3.001	48	15 minute 100 year Winter I+40%	56.000	54.283	-0.092	0.65	69.7	OK
3.002	49	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.464	0.283	1.61	113.7	SURCHARGED
3.003	50	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.085	0.042	1.19	145.5	SURCHARGED
3.004	51	1440 minute 100 year Winter I+40%	54.000	52.911	1.036	0.08	8.1	SURCHARGED
2.004	52	1440 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.910	1.102	0.12	15.4	FLOOD RISK
1.005	Pond 2c	1440 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.909	2.759	0.20	1.9	FLOOD RISK

Red pluvial 2d

La Tabla 34, la Tabla 35 y la Tabla 36 presentan los resultados para la red pluvial 2d.

Tabla 34. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 1 año en la red pluvial 2d.

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.000	53	15 minute 1 year Winter I+0%	56.000	55.040	-0.110	0.16	5.0	OK
1.001	54	15 minute 1 year Winter I+0%	55.000	54.067	-0.092	0.32	11.9	OK
1.002	55	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.981	-0.163	0.16	17.6	OK
2.000	56	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.923	-0.127	0.06	0.9	OK
2.001	57	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.735	-0.172	0.13	5.7	OK
1.003	58	15 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.609	-0.155	0.47	28.8	OK
3.000	59	15 minute 1 year Winter I+0%	55.000	54.040	-0.110	0.16	6.1	OK
3.001	60	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.772	-0.082	0.41	11.7	OK
1.004	61	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	51.502	-0.204	0.43	45.6	OK
1.005	62	15 minute 1 year Winter I+0%	53.500	51.428	-0.205	0.42	45.5	OK
1.006	63	1440 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.406	-0.154	0.02	2.8	OK
4.000	64	15 minute 1 year Winter I+0%	60.000	58.947	-0.178	0.10	11.0	OK
4.001	65	15 minute 1 year Winter I+0%	58.000	56.363	-0.152	0.23	20.0	OK
4.002	66	15 minute 1 year Winter I+0%	57.000	55.412	-0.217	0.17	30.4	OK
4.003	67	15 minute 1 year Winter I+0%	56.000	54.581	-0.206	0.21	38.3	OK
4.004	68	15 minute 1 year Winter I+0%	55.000	53.726	-0.197	0.25	45.8	OK
4.005	69	15 minute 1 year Winter I+0%	54.000	52.957	-0.190	0.29	53.4	OK
4.006	70	1440 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.407	0.232	0.02	3.7	SURCHARGED
1.007	Pond 2d	1440 minute 1 year Winter I+0%	53.000	51.406	0.681	0.02	1.2	SURCHARGED

Tabla 35. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 30 años en la red pluvial 2d.

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.000	53	15 minute 30 year Winter I+0%	56.000	55.064	-0.086	0.38	12.3	OK
1.001	54	15 minute 30 year Winter I+0%	55.000	54.120	-0.039	0.89	33.6	OK
1.002	55	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	53.030	-0.114	0.48	51.2	OK
2.000	56	1440 minute 30 year Winter I+0%	53.000	52.055	0.005	0.01	0.1	SURCHARGED
2.001	57	1440 minute 30 year Winter I+0%	53.000	52.055	0.148	0.02	0.7	SURCHARGED
1.003	58	1440 minute 30 year Winter I+0%	53.000	52.055	0.291	0.06	3.6	SURCHARGED
3.000	59	15 minute 30 year Winter I+0%	55.000	54.066	-0.084	0.40	15.1	OK
3.001	60	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	52.951	0.097	1.07	30.6	SURCHARGED
1.004	61	1440 minute 30 year Winter I+0%	54.000	52.055	0.349	0.05	5.6	SURCHARGED
1.005	62	1440 minute 30 year Winter I+0%	53.500	52.055	0.422	0.05	5.3	SURCHARGED
1.006	63	1440 minute 30 year Winter I+0%	53.000	52.054	0.494	0.04	5.2	SURCHARGED
4.000	64	15 minute 30 year Winter I+0%	60.000	58.975	-0.150	0.24	27.0	OK
4.001	65	15 minute 30 year Winter I+0%	58.000	56.419	-0.096	0.62	54.8	OK
4.002	66	15 minute 30 year Winter I+0%	57.000	55.476	-0.153	0.48	87.1	OK
4.003	67	15 minute 30 year Winter I+0%	56.000	54.658	-0.129	0.61	111.1	OK
4.004	68	15 minute 30 year Winter I+0%	55.000	53.817	-0.106	0.74	133.4	OK
4.005	69	15 minute 30 year Winter I+0%	54.000	53.061	-0.086	0.84	155.9	OK
4.006	70	1440 minute 30 year Winter I+0%	53.000	52.055	0.880	0.04	7.8	SURCHARGED
1.007	Pond 2d	1440 minute 30 year Winter I+0%	53.000	52.054	1.329	0.02	1.6	SURCHARGED

Tabla 36. Resultados para las tormentas críticas para un periodo de retorno de 100 años con un factor del 40% de Cambio Climático en la red pluvial 2d.

Pipe Number	US/MH Name	Event	US/CL (m)	Water Level (m)	Surcharged Depth (m)	Flow / Cap.	Pipe Flow (l/s)	Status
1.000	53	15 minute 100 year Winter I+40%	56.000	55.263	0.113	0.63	20.4	SURCHARGED
1.001	54	15 minute 100 year Winter I+40%	55.000	54.919	0.760	1.31	49.3	FLOOD RISK
1.002	55	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.069	-0.075	0.73	78.3	OK
2.000	56	1440 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.722	0.672	0.01	0.2	FLOOD RISK
2.001	57	1440 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.722	0.815	0.03	1.2	FLOOD RISK
1.003	58	1440 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.722	0.958	0.10	6.3	FLOOD RISK
3.000	59	15 minute 100 year Winter I+40%	55.000	54.427	0.277	0.64	24.2	SURCHARGED
3.001	60	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.992	1.138	1.60	45.9	FLOOD RISK
1.004	61	1440 minute 100 year Winter I+40%	54.000	52.722	1.016	0.09	10.0	SURCHARGED
1.005	62	1440 minute 100 year Winter I+40%	53.500	52.721	1.088	0.09	9.9	SURCHARGED
1.006	63	1440 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.721	1.161	0.08	9.8	FLOOD RISK
4.000	64	15 minute 100 year Winter I+40%	60.000	59.005	-0.120	0.44	49.0	OK
4.001	65	15 minute 100 year Winter I+40%	58.000	56.784	0.269	1.07	94.1	SURCHARGED
4.002	66	15 minute 100 year Winter I+40%	57.000	55.880	0.251	0.79	143.2	SURCHARGED
4.003	67	15 minute 100 year Winter I+40%	56.000	55.412	0.625	0.92	168.7	SURCHARGED
4.004	68	15 minute 100 year Winter I+40%	55.000	54.674	0.751	1.11	199.5	SURCHARGED
4.005	69	15 minute 100 year Winter I+40%	54.000	53.714	0.567	1.25	231.1	FLOOD RISK
4.006	70	1440 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.721	1.546	0.07	13.8	FLOOD RISK
1.007	Pond 2d	1440 minute 100 year Winter I+40%	53.000	52.720	1.995	0.03	1.9	FLOOD RISK

APÉNDICE C: DISEÑO DE LA RED DE AGUAS RESIDUALES 1

C.1 DEFINICIÓN DE LA RED DE AGUAS RESIDUALES 1

La Tabla 37 presenta las características principales de la red de aguas residuales 1.

Se presenta el nombre de la tubería, el nombre del pozo de inspección situado aguas arriba, la longitud de la tubería, la caída, el gradiente, el número de casas que descargan en esa tubería, el nivel de la tubería aguas arriba y aguas abajo, el nivel del suelo en el pozo de inspección aguas arriba, el diámetro de la tubería, la profundidad de la tubería de aguas arriba y el diámetro del pozo de inspección.

Los códigos de colores que se muestran en las tablas vienen definidos por Micro Drainage y dependen de la forma en que se insertan los valores en el programa por parte del usuario. Su significado es el descrito en el Apéndice A.

Como puede observarse, el diseño se ha planteado con los gradientes adecuados para los distintos tamaños de tubería, y con el objetivo de reducir al mínimo las tuberías que requieran protección adicional.

Tabla 37. Características de definición de la red de aguas residuales 1 según se han definido en Micro Drainage.

Pipe Number	US/MH Name	Pipe Length (m)	Fall (m)	Slope (1:X)	Houses	US/IL (m)	DS/IL (m)	US/CL (m)	Pipe DIA (mm)	US D.Depth (m)	US/MH Diam/Len (mm)
7.000	30	49.876	1.995	25.0	4	54.000	52.005	55.000	100	0.900	1200
7.001	31	39.469	0.987	40.0	4	52.005	51.018	53.000	100	0.895	1200
7.002	32	47.390	0.615	77.1	4	51.018	50.403	52.000	100	0.882	1200
7.003	33	53.744	0.698	77.0	4	50.403	49.705	52.000	100	1.497	1200
7.004	34	16.715	0.249	67.1	0	49.655	49.406	52.000	150	2.195	1200
8.000	35	54.312	2.172	25.0	5	54.000	51.828	55.000	100	0.900	1200
8.001	36	43.649	1.091	40.0	4	51.828	50.737	53.000	100	1.072	1200
8.002	37	41.736	0.542	77.0	5	50.737	50.195	52.000	100	1.163	1200
8.003	38	30.909	0.401	77.1	4	50.195	49.794	52.000	100	1.705	1200
8.004	39	26.047	0.338	77.1	4	49.794	49.456	52.000	100	2.106	1200
7.005	40	31.195	0.405	77.0	0	49.406	49.001	52.000	150	2,444	1200
9.000	41	44.937	1.797	25.0	4	56.000	54.203	57.000	100	0.900	1200
9.001	42	41.474	1.037	40.0	5	54.203	53.166	56.000	100	1.697	1200
9.002	43	39.434	0.508	77.6	5	53.166	52.658	55.000	100	1.734	1200
9.003	44	40.357	0.623	64.8	4	52.658	52.035	54.000	100	1.242	1200
9.004	45	38.659	2.984	13.0	4	52.035	49.051	53.000	100	0.865	1200
7.006	46	37.805	0.491	77.0	0	49.001	48.510	53.000	150	3.849	1200
10.000	47	39.451	0.986	40.0	4	56.000	55.014	57.000	100	0.900	1200
10.001	48	43.545	1.089	40.0	4	55.014	53.925	56.000	100	0.886	1200
10.002	49	39.082	0.977	40.0	3	53.925	52.948	55.000	100	0.975	1200
10.003	50	31.497	0.406	77.6	4	52.948	52.542	54.000	100	0.952	1200
10.004	51	30.294	0.393	77.1	4	52.423	52.030	54.000	100	1.477	1200

Pipe Number	US/MH Name	Pipe Length (m)	Fall (m)	Slope (1:X)	Houses	US/IL (m)	DS/IL (m)	US/CL (m)	Pipe DIA (mm)	US D.Depth (m)	US/MH Diam/Len (mm)
7.007	52	33.452	0.434	77.1	0	48.510	48.076	54.000	150	5.340	1200
11.000	53	34.196	0.977	35.0	4	56.000	55.023	57.000	100	0.900	1200
11.001	54	43.833	1.096	40.0	4	55.023	53.927	56.000	100	0.877	1200
11.002	55	39.896	0.997	40.0	2	53.927	52.930	55.000	100	0.973	1200
11.003	56	38.111	0.953	40.0	4	52.930	51.977	54.000	100	0.970	1200
11.004	57	33.018	0.429	77.0	4	51.977	51.548	53.000	100	0.923	1200
7.008	58	31.061	0.403	77.1	0	48.076	47.673	53.000	150	4.774	1200
12.000	1	36.360	0.909	40.0	5	57.000	56.091	58.000	100	0.900	1200
12.001	2	35.626	1.018	35.0	5	56.091	55.073	57.000	100	0.809	1200
12.002	3	31.250	1.025	30.5	4	55.073	54.048	56.000	100	0.827	1200
12.003	4	47.951	1.031	46.5	4	54.048	53.017	55.000	100	0.852	1200
13.000	6	32.012	0.915	35.0	5	57.000	56.085	58.000	100	0.900	1200
13.001	7	32.528	1.084	30.0	5	56.085	55.001	57.000	100	0.815	1200
13.002	8	27.187	0.906	30.0	2	55.001	54.095	56.000	100	0.899	1200
13.003	9	24.372	1.060	23.0	3	54.095	53.035	55.000	100	0.805	1200
13.004	10	22.762	0.992	22.9	3	53.035	52.043	54.000	100	0.865	1200
14.000	11	38.391	1.280	30.0	4	57.000	55.720	58.000	100	0.900	1200
14.001	12	31.445	1.048	30.0	5	55.720	54.672	57.000	100	1.180	1200
14.002	13	30.974	1.032	30.0	4	54.672	53.640	56.000	100	1.228	1200
14.003	14	23.951	1.597	15.0	0	53.640	52.043	55.000	100	1.260	1200
15.000	15	30.265	2.018	15.0	3	59.000	56.982	60.000	100	0.900	1200
15.001	16	26.937	0.898	30.0	3	56.982	56.084	58.000	100	0.918	1200
15.002	17	16.648	0.555	30.0	5	55.500	54.945	57.000	100	1.400	1200
16.000	18	30.949	0.399	77.6	3	53.000	52.601	54.000	100	0.900	1200
16.001	19	30.534	0.393	77.7	3	52.601	52.208	54.000	100	1.299	1200
16.002	20	36.093	0.469	77.0	1	52.208	51.739	56.000	100	3.692	1200
15.003	21	10.101	0.130	77.7	0	51.739	51.609	56.000	100	4.161	1200
15.004	22	16.544	0.215	77.0	5	51.609	51.394	56.000	100	4.291	1200
15.005	23	25.564	0.332	77.0	3	51.394	51.062	55.000	100	3.506	1200
15.006	24	26.561	0.345	77.0	3	51.062	50.717	54.000	100	2.838	1200
17.000	25	45.252	0.905	50.0	4	54.000	53.095	55.000	100	0.900	1200
17.001	26	12.718	0.165	77.1	0	53.095	52.930	54.000	100	0.805	1200
15.007	27	29.731	0.386	77.0	1	50.717	50.331	54.000	100	3.183	1200
15.008	28	51.709	0.672	77.0	0	50.331	49.659	52.000	100	1.569	1200
13.005	29	33.780	0.439	76.9	0	49.659	49.170	53.000	150	3.241	1200
12.004	5	16.806	0.218	77.0	0	49.170	48.952	54.000	150	4.680	1200
7.009	Bomb01	-	-	-	0	47.673	-	52.000	-	4.177	-

Como puede verse en la Tabla 38, los resultados extraídos de Micro Drainage muestran que la solución cumple con los criterios de diseño establecidos.

La Tabla 38 incluye el nombre de la tubería, el nombre del pozo de inspección situado aguas abajo, el diámetro de la tubería, la longitud de la tubería, la profundidad de la tubería en el punto del pozo aguas arriba y aguas abajo, el número de casas asociadas a la red incluyendo las casas que descargan aguas arriba, la velocidad con el caudal considerado, la velocidad estimada con

la tubería llena a un tercio de su capacidad y la velocidad de la tubería llena a su capacidad total, la capacidad de la tubería y el caudal de diseño.

Tabla 38. Resultados de la red de aguas residuales 1 extraídos de Micro Drainage.

Pipe Number	DS/MH Name	Pipe DIA (mm)	Pipe Length (m)	US D.Depth (m)	DS D.Depth (m)	Σ Houses	Pro. Vel (m/s)	Pro Vel at 1/3 Flow (m/s)	Velocity (m/s)	Cap (l/s)	Flow (l/s)
7.000	31	100	49.876	0.900	0.895	4	0.53	0.37	1.33	10.5	0.2
7.001	32	100	39.469	0.895	0.882	8	0.57	0.40	1.05	8.3	0.5
7.002	33	100	47.390	0.882	1.497	12	0.51	0.36	0.76	6.0	0.7
7.003	34	100	53.744	1.497	2.195	16	0.56	0.40	0.76	6.0	1.0
7.004	40	150	16.715	2.195	2.444	16	0.56	0.39	1.07	18.9	1.0
8.000	36	100	54.312	0.900	1.072	5	0.57	0.40	1.33	10.5	0.3
8.001	37	100	43.649	1.072	1.163	9	0.59	0.41	1.05	8.3	0.6
8.002	38	100	41.736	1.163	1.705	14	0.53	0.38	0.76	6.0	0.9
8.003	39	100	30.909	1.705	2.106	18	0.58	0.41	0.76	6.0	1.1
8.004	40	100	26.047	2.106	2.444	22	0.61	0.44	0.76	6.0	1.4
7.005	46	150	31.195	2.444	3.849	38	0.69	0.49	1.00	17.6	2.3
9.000	42	100	44.937	0.900	1.697	4	0.53	0.37	1.33	10.5	0.2
9.001	43	100	41.474	1.697	1.734	9	0.59	0.41	1.05	8.3	0.6
9.002	44	100	39.434	1.734	1.242	14	0.53	0.38	0.76	5.9	0.9
9.003	45	100	40.357	1.242	0.865	18	0.61	0.44	0.83	6.5	1.1
9.004	46	100	38.659	0.865	3.849	22	1.15	0.81	1.86	14.6	1.4
7.006	52	150	37.805	3.849	5.340	60	0.79	0.57	1.00	17.7	3.7
10.000	48	100	39.451	0.900	0.886	4	0.45	0.32	1.05	8.3	0.2
10.001	49	100	43.545	0.886	0.975	8	0.57	0.40	1.05	8.3	0.5
10.002	50	100	39.082	0.975	0.952	11	0.63	0.44	1.05	8.3	0.7
10.003	51	100	31.497	0.952	1.358	15	0.54	0.39	0.76	5.9	0.9
10.004	52	100	30.294	1.477	1.870	19	0.58	0.42	0.76	6.0	1.2
7.007	58	150	33.452	5.340	4.774	79	0.85	0.62	1.00	17.6	4.9
11.000	54	100	34.196	0.900	0.877	4	0.48	0.33	1.13	8.9	0.2
11.001	55	100	43.833	0.877	0.973	8	0.57	0.40	1.05	8.3	0.5
11.002	56	100	39.896	0.973	0.970	10	0.61	0.43	1.05	8.3	0.6
11.003	57	100	38.111	0.970	0.923	14	0.67	0.48	1.05	8.3	0.9
11.004	58	100	33.018	0.923	1.352	18	0.58	0.41	0.76	6.0	1.1
7.008	Bomb01	150	31.061	4.774	4.177	97	0.90	0.66	1.00	17.6	6.0
12.000	2	100	36.360	0.900	0.809	5	0.49	0.34	1.05	8.3	0.3
12.001	3	100	35.626	0.809	0.827	10	0.64	0.45	1.13	8.9	0.6
12.002	4	100	31.250	0.827	0.852	14	0.74	0.52	1.21	9.5	0.9
12.003	5	100	47.951	0.852	0.883	18	0.69	0.49	0.98	7.7	1.1
13.000	7	100	32.012	0.900	0.815	5	0.51	0.36	1.13	8.9	0.3
13.001	8	100	32.528	0.815	0.899	10	0.67	0.47	1.22	9.6	0.6
13.002	9	100	27.187	0.899	0.805	12	0.71	0.50	1.22	9.6	0.7
13.003	10	100	24.372	0.805	0.865	15	0.83	0.59	1.39	10.9	0.9
13.004	29	100	22.762	0.865	0.857	18	0.88	0.63	1.39	10.9	1.1
14.000	12	100	38.391	0.900	1.180	4	0.50	0.35	1.22	9.6	0.2
14.001	13	100	31.445	1.180	1.228	9	0.65	0.46	1.22	9.6	0.6
14.002	14	100	30.974	1.228	1.260	13	0.73	0.51	1.22	9.6	0.8
14.003	29	100	23.951	1.260	0.857	13	0.92	0.65	1.72	13.5	0.8
15.000	16	100	30.265	0.900	0.918	3	0.58	0.40	1.73	13.5	0.2
15.001	17	100	26.937	0.918	0.816	6	0.57	0.40	1.22	9.6	0.4
15.002	21	100	16.648	1.400	0.955	11	0.69	0.49	1.22	9.6	0.7
16.000	19	100	30.949	0.900	1.299	3	0.33	0.23	0.76	5.9	0.2
16.001	20	100	30.534	1.299	3.692	6	0.41	0.29	0.75	5.9	0.4

Pipe Number	DS/MH Name	Pipe DIA (mm)	Pipe Length (m)	US D.Depth (m)	DS D.Depth (m)	Σ Houses	Pro. Vel (m/s)	Pro Vel at 1/3 Flow (m/s)	Velocity (m/s)	Cap (l/s)	Flow (l/s)
16.002	21	100	36.093	3.692	4.161	7	0.43	0.30	0.76	6.0	0.4
15.003	22	100	10.101	4.161	4.291	18	0.57	0.41	0.75	5.9	1.1
15.004	23	100	16.544	4.291	3.506	23	0.62	0.45	0.76	6.0	1.4
15.005	24	100	25.564	3.506	2.838	26	0.64	0.46	0.76	6.0	1.6
15.006	27	100	26.561	2.838	3.183	29	0.66	0.48	0.76	6.0	1.8
17.000	26	100	45.252	0.900	0.805	4	0.42	0.29	0.94	7.4	0.2
17.001	27	100	12.718	0.805	0.970	4	0.36	0.25	0.76	6.0	0.2
15.007	28	100	29.731	3.183	1.569	34	0.69	0.50	0.76	6.0	2.1
15.008	29	100	51.709	1.569	3.241	34	0.69	0.50	0.76	6.0	2.1
13.005	5	150	33.780	3.241	4.680	65	0.81	0.58	1.00	17.7	4.0
12.004	Bomb01	150	16.806	4.680	2.898	83	0.86	0.63	1.00	17.7	5.1
7.009		-	-	4.177	-	180	-	-	-	-	-

C.2 DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO 1

Para la selección de las bombas se ha utilizado la calculadora de diseño de Grundfos. En este caso se quiere implementar un sistema con dos bombas sumergibles para aguas residuales, una bomba de servicio y una de reserva.

El caudal pico de descarga es de 11.1 l/s, la tubería de impulsión tiene una longitud aproximada de 530m, y hay una diferencia de nivel desde el punto de bombeo hasta el punto de conexión de 27.1metros.

Considerando estos parámetros de diseño, la bomba seleccionada es SLV.80.100.92.2.51D.C (Grundfos).

Las curvas que definen el funcionamiento del sistema para los parámetros establecidos se muestran en la Figura 33. Curvas de funcionamiento de la bomba sumergible SLV.80.100.92.2.51D.C (Grundfos) para la red de recogida de aguas residuales 1 (<https://product-selection.grundfos.com/es/size-product.>)Figura 33. Estas curvas son las siguientes:

- Curva H (m) - Q (l/s), presenta la altura que la bomba es capaz de desarrollar para cada caudal indicado hasta alcanzar su capacidad máxima.
- Curva Eficiencia energética del sistema (%) frente al caudal de descarga (l/s) sin considerar las pérdidas relativas al motor integrado de la bomba. Esta curva define la relación entre la potencia que recibe el sistema y la que es utilizada.

- Curva de eficiencia energética del sistema (%) frente al caudal de descarga (l/s) considerando las pérdidas del motor integrado de la bomba.
- Curva de Potencia P2 muestra la potencia consumida por el sistema para distintos caudales sin considerar la potencia consumida por el motor integrado de la bomba.
- Curva de potencia P1 muestra la potencia total consumida por la bomba y por su motor integrado para distintos caudales.

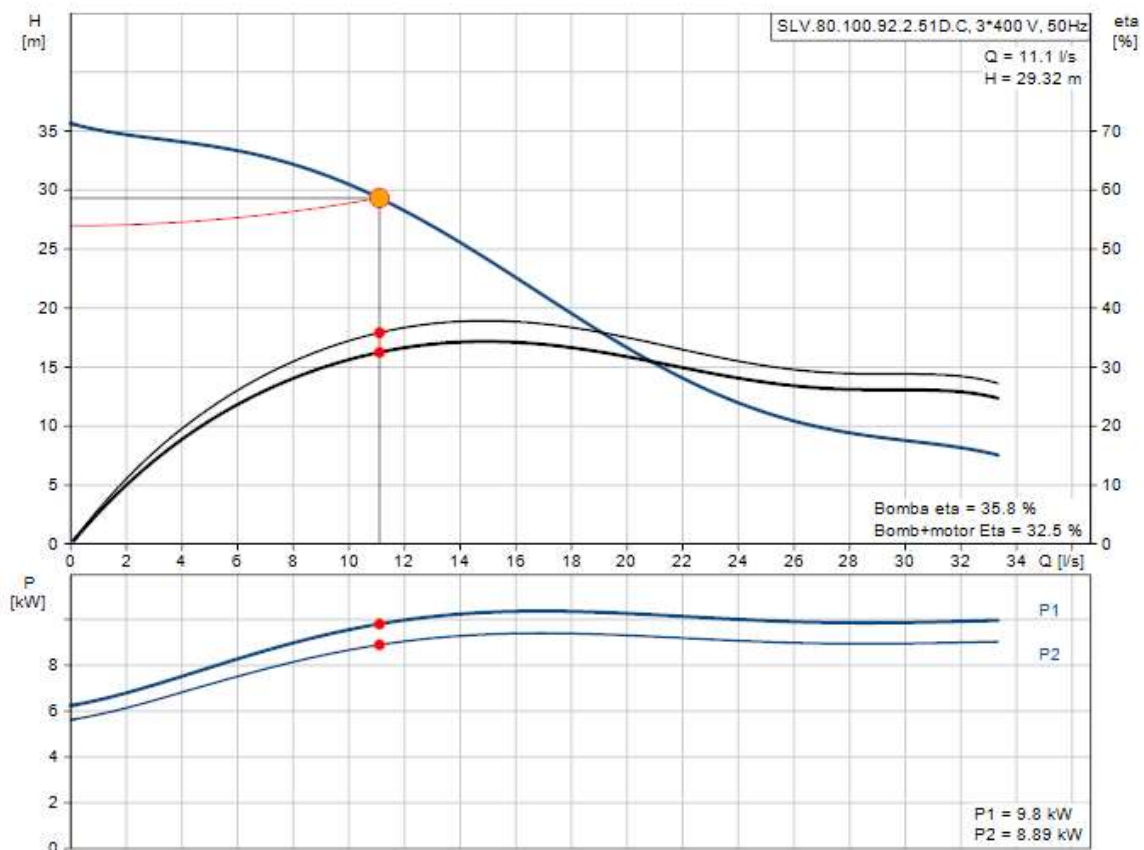


Figura 33. Curvas de funcionamiento de la bomba sumergible SLV.80.100.92.2.51D.C (Grundfos) para la red de recogida de aguas residuales 1 (<https://product-selection.grundfos.com/es/size-product.>)

APÉNDICE D: DISEÑO DE LA RED DE AGUAS RESIDUALES 2

D.1 DEFINICIÓN DE LA RED DE AGUAS RESIDUALES 2

La Tabla 39 y la Tabla 40 presentan las características principales de la red de aguas residuales 2a. El contenido de las tablas es el descrito en el Apéndice C.

Tabla 39. Características de definición de la red de aguas residuales 2a según se han definido en Micro Drainage.

Pipe Number	US/MH Name	Pipe Length (m)	Fall (m)	Slope (1:X)	Houses	US/IL (m)	DS/IL (m)	US/CL (m)	Pipe DIA (mm)	US D.Depth (m)	US/MH Diam/Len (mm)
1.000	1	50.324	2.013	25.0	4	54.000	51.987	55.000	100	0.900	1200
1.001	2	42.209	1.055	40.0	4	51.987	50.932	53.000	100	0.913	1200
1.002	3	42.209	0.544	77.6	4	50.932	50.388	52.000	100	0.968	1200
1.003	4	57.067	0.735	77.6	5	50.388	49.653	52.000	100	1.512	1200
1.004	5	16.975	0.220	77.2	0	49.653	49.433	52.000	100	2.247	1200
2.000	6	53.639	2.146	25.0	5	54.000	51.854	55.000	100	0.900	1200
2.001	7	44.335	0.800	55.4	4	51.854	51.054	53.000	100	1.046	1200
2.002	8	43.033	0.555	77.5	6	51.054	50.499	52.000	100	0.846	1200
2.003	9	30.820	0.400	77.0	4	50.499	50.099	52.000	100	1.401	1200
2.004	10	26.513	0.344	77.0	4	50.099	49.755	52.000	100	1.801	1200
1.005	11	28.398	0.369	77.0	0	49.433	49.064	52.000	100	2.467	1200
3.000	12	44.535	0.900	49.5	4	56.000	55.100	57.000	100	0.900	1200
3.001	13	41.187	1.000	41.2	5	55.100	54.100	56.000	100	0.800	1200
3.002	14	37.422	1.000	37.4	6	54.100	53.100	55.000	100	0.800	1200
3.003	15	40.929	1.000	40.9	4	53.100	52.100	54.000	100	0.800	1200
3.004	16	41.851	0.544	77.0	4	51.600	51.056	53.000	100	1.300	1200
1.006	29	4.772	0.062	77.0	0	49.064	49.002	52.000	100	2.836	1200
4.000	17	43.842	0.900	48.7	4	56.000	55.100	57.000	100	0.900	1200
4.001	18	37.370	1.010	37.0	4	55.100	54.090	56.000	100	0.800	1200
4.002	19	39.395	1.065	37.0	3	54.090	53.025	55.000	100	0.810	1200
4.003	20	33.889	0.437	77.5	4	53.025	52.588	54.000	100	0.875	1200
4.004	21	28.677	0.574	50.0	4	52.588	52.015	54.000	100	1.312	1200
5.000	22	31.846	1.062	30.0	5	56.000	54.938	57.000	100	0.900	1200
5.001	23	44.388	0.888	50.0	5	54.938	54.051	56.000	100	0.962	1200
5.002	24	37.075	1.236	30.0	2	54.051	52.815	55.000	100	0.849	1200
5.003	25	37.561	0.939	40.0	4	52.815	51.876	54.000	100	1.085	1200
5.004	26	38.735	0.499	77.6	2	51.876	51.377	53.000	100	1.024	1200
5.005	27	35.347	0.450	78.5	2	51.377	50.927	53.000	100	1.523	1200
4.005	28	42.363	0.550	77.0	0	50.927	50.377	53.000	100	1.973	1200
1.007	Bomb 2a	-	-	-	0	49.002	48.423	53.000	-	-	-

Tabla 40. Resultados de la red de aguas residuales 2a extraídos de Micro Drainage.

DS/MH Name	Pipe DIA (mm)	Pipe Length (m)	US C.Depth (m)	DS C.Depth (m)	Σ Houses	Pro. Vel (m/s)	Pro Vel at 1/3 Flow (m/s)	Velocity (m/s)	Cap (l/s)	Flow (l/s)
2	100	50.324	0.900	0.913	4	0.53	0.37	1.33	10.5	0.2
3	100	42.209	0.913	0.968	8	0.57	0.40	1.05	8.3	0.5
4	100	42.209	0.968	1.512	12	0.51	0.36	0.76	5.9	0.7
5	100	57.067	1.512	2.247	17	0.56	0.40	0.76	5.9	1.0
11	100	16.975	2.247	2.467	17	0.57	0.40	0.76	6.0	1.0
7	100	53.639	0.900	1.046	5	0.57	0.40	1.33	10.5	0.3
8	100	44.335	1.046	0.846	9	0.52	0.37	0.89	7.0	0.6
9	100	43.033	0.846	1.401	15	0.54	0.39	0.76	5.9	0.9
10	100	30.820	1.401	1.801	19	0.59	0.42	0.76	6.0	1.2
11	100	26.513	1.801	2.145	23	0.62	0.45	0.76	6.0	1.4
29	100	28.398	2.467	2.836	40	0.72	0.53	0.76	6.0	2.5
13	100	44.535	0.900	0.800	4	0.42	0.30	0.95	7.4	0.2
14	100	41.187	0.800	0.800	9	0.58	0.41	1.04	8.2	0.6
15	100	37.422	0.800	0.800	15	0.70	0.50	1.09	8.6	0.9
16	100	40.929	0.800	0.800	19	0.73	0.52	1.04	8.2	1.2
29	100	41.851	1.300	0.844	23	0.62	0.45	0.76	6.0	1.4
Bomb2a	100	4.772	2.836	3.898	63	0.81	0.60	0.76	6.0	3.9
18	100	43.842	0.900	0.800	4	0.42	0.30	0.95	7.5	0.2
19	100	37.370	0.800	0.810	8	0.58	0.41	1.10	8.6	0.5
20	100	39.395	0.810	0.875	11	0.64	0.45	1.10	8.6	0.7
21	100	33.889	0.875	1.312	15	0.54	0.39	0.76	5.9	0.9
28	100	28.677	1.312	0.885	19	0.68	0.49	0.94	7.4	1.2
23	100	31.846	0.900	0.962	5	0.54	0.38	1.22	9.6	0.3
24	100	44.388	0.962	0.849	10	0.56	0.40	0.94	7.4	0.6
25	100	37.075	0.849	1.085	12	0.71	0.50	1.22	9.6	0.7
26	100	37.561	1.085	1.024	16	0.70	0.50	1.05	8.3	1.0
27	100	38.735	1.024	1.523	18	0.57	0.41	0.76	5.9	1.1
28	100	35.347	1.523	1.973	20	0.59	0.42	0.75	5.9	1.2
Bomb2a	100	42.363	1.973	2.523	39	0.72	0.52	0.76	6.0	2.4
-	-	-	3.898		102	-	-	-	-	-

La Tabla 41 y la Tabla 42 presentan las características principales de la red de aguas residuales 2b.

Tabla 41. Características de definición de la red de aguas residuales 2b según se han definido en Micro Drainage.

Pipe Number	US/MH Name	Pipe Length (m)	Fall (m)	Slope (1:X)	Houses	US/IL (m)	DS/IL (m)	US/CL (m)	Pipe DIA (mm)	US D.Depth (m)	US/MH Diam/Len (mm)
1.000	30	36.360	0.909	40.0	5	57.000	56.091	58.000	100	0.900	1200
1.001	31	35.626	1.018	35.0	4	56.091	55.073	57.000	100	0.809	1200
1.002	32	31.250	1.025	30.5	4	55.073	54.048	56.000	100	0.827	1200
1.003	33	46.411	1.031	45.0	4	54.048	53.017	55.000	100	0.852	1200
1.004	34	32.425	1.027	31.6	0	53.017	51.990	54.000	100	0.883	1200
2.000	35	32.012	0.915	35.0	4	57.000	56.085	58.000	100	0.900	1200
2.001	36	32.528	1.084	30.0	4	56.085	55.001	57.000	100	0.815	1200

Pipe Number	US/MH Name	Pipe Length (m)	Fall (m)	Slope (1:X)	Houses	US/IL (m)	DS/IL (m)	US/CL (m)	Pipe DIA (mm)	US D.Depth (m)	US/MH Diam/Len (mm)
2.002	37	27.187	0.906	30.0	2	55.001	54.095	56.000	100	0.899	1200
2.003	38	24.372	1.060	23.0	3	54.095	53.035	55.000	100	0.805	1200
2.004	39	24.035	1.045	23.0	3	53.035	51.990	54.000	100	0.865	1200
1.005	40	19.609	0.980	20.0	0	51.990	51.010	53.000	100	0.910	1200
3.000	41	38.391	0.960	40.0	4	57.000	56.040	58.000	100	0.900	1200
3.001	42	31.445	1.048	30.0	4	56.040	54.992	57.000	100	0.860	1200
3.002	43	30.974	1.032	30.0	4	54.992	53.960	56.000	100	0.908	1200
3.003	44	19.939	0.900	22.2	2	52.000	51.100	55.000	100	2.900	1200
4.000	45	30.265	2.018	15.0	3	59.000	56.982	60.000	100	0.900	1200
4.001	46	26.937	0.898	30.0	3	56.982	56.084	58.000	100	0.918	1200
4.002	47	16.648	0.555	30.0	3	55.500	54.945	57.000	100	1.400	1200
5.000	48	30.949	0.399	77.6	3	53.000	52.601	54.000	100	0.900	1200
5.001	49	30.534	0.393	77.7	3	52.601	52.208	54.000	100	1.299	1200
5.002	50	36.093	0.469	77.0	1	52.208	51.739	56.000	100	3.692	1200
4.003	51	10.101	0.130	77.7	0	51.739	51.609	56.000	100	4.161	1200
4.004	52	16.544	0.215	76.9	4	51.609	51.394	56.000	100	4.291	1200
4.005	53	25.564	0.332	77.0	3	51.394	51.062	55.000	100	3.506	1200
4.006	54	26.561	0.345	77.0	3	51.062	50.717	54.000	100	2.838	1200
6.000	55	45.252	0.905	50.0	4	54.000	53.095	55.000	100	0.900	1200
6.001	56	12.718	0.165	77.1	0	53.095	52.930	54.000	100	0.805	1200
4.007	57	29.731	0.386	77.0	1	50.717	50.331	54.000	100	3.183	1200
4.008	58	33.310	0.433	76.9	0	50.331	49.898	52.000	100	1.569	1200
1.006	Bomb2b	-	-	-	0	49.898	-	52.000	-	-	-

Tabla 42. Resultados de la red de aguas residuales 2b extraídos de Micro Drainage.

DS/MH Name	Pipe DIA (mm)	Pipe Length (m)	US C.Depth (m)	DS C.Depth (m)	Σ Houses	Pro. Vel (m/s)	Pro Vel at 1/3 Flow (m/s)	Velocity (m/s)	Cap (l/s)	Flow (l/s)
31	100	36.360	0.900	0.809	5	0.490	0.340	1.05	8.30	0.30
32	100	35.626	0.809	0.827	9	0.620	0.430	1.13	8.90	0.60
33	100	31.250	0.827	0.852	13	0.720	0.510	1.21	9.50	0.80
34	100	46.411	0.852	0.883	17	0.680	0.490	0.99	7.80	1.00
40	100	32.425	0.883	0.910	17	0.770	0.550	1.19	9.30	1.00
36	100	32.012	0.900	0.815	4	0.480	0.330	1.13	8.90	0.20
37	100	32.528	0.815	0.899	8	0.630	0.440	1.22	9.60	0.50
38	100	27.187	0.899	0.805	10	0.670	0.470	1.22	9.60	0.60
39	100	24.372	0.805	0.865	13	0.800	0.560	1.39	10.90	0.80
40	100	24.035	0.865	0.910	16	0.850	0.600	1.39	10.90	1.00
Bomb2b	100	19.609	0.910	0.890	33	1.110	0.790	1.49	11.70	2.00
42	100	38.391	0.900	0.860	4	0.450	0.320	1.05	8.30	0.20
43	100	31.445	0.860	0.908	8	0.630	0.440	1.22	9.60	0.50
44	100	30.974	0.908	0.940	12	0.710	0.500	1.22	9.60	0.70
Bomb2b	100	19.939	2.900	0.800	14	0.830	0.580	1.42	11.10	0.90
46	100	30.265	0.900	0.918	3	0.580	0.400	1.73	13.50	0.20

DS/MH Name	Pipe DIA (mm)	Pipe Length (m)	US C.Depth (m)	DS C.Depth (m)	Σ Houses	Pro. Vel (m/s)	Pro Vel at 1/3 Flow (m/s)	Velocity (m/s)	Cap (l/s)	Flow (l/s)
47	100	26.937	0.918	0.816	6	0.570	0.400	1.22	9.60	0.40
51	100	16.648	1.400	0.955	9	0.650	0.460	1.22	9.60	0.60
49	100	30.949	0.900	1.299	3	0.330	0.230	0.76	5.90	0.20
50	100	30.534	1.299	3.692	6	0.410	0.290	0.75	5.90	0.40
51	100	36.093	3.692	4.161	7	0.430	0.300	0.76	6.00	0.40
52	100	10.101	4.161	4.291	16	0.550	0.400	0.75	5.90	1.00
53	100	16.544	4.291	3.506	20	0.590	0.430	0.76	6.00	1.20
54	100	25.564	3.506	2.838	23	0.620	0.450	0.76	6.00	1.40
57	100	26.561	2.838	3.183	26	0.640	0.460	0.76	6.00	1.60
56	100	45.252	0.900	0.805	4	0.420	0.290	0.94	7.40	0.20
57	100	12.718	0.805	0.970	4	0.360	0.250	0.76	6.00	0.20
58	100	29.731	3.183	1.569	31	0.670	0.490	0.76	6.00	1.90
Bomb2b	100	33.310	1.569	2.002	31	0.670	0.490	0.76	6.00	1.90
	-	-	2.002	-	78	-	-	-	-	-

D.2 DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO 2

Para la selección de las bombas se ha utilizado la calculadora de diseño de Grundfos (Grundfos, 2021). En este caso se quieren implementar dos sistemas dos bombas sumergibles para aguas residuales, una bomba de servicio y una de reserva.

- **Red de aguas residuales 2a**

El caudal pico de descarga es de 6.3l/s, la tubería de impulsión tiene una longitud aproximada de 609m, y hay una diferencia de nivel desde el punto de bombeo hasta el punto de conexión de 25.8 metros.

Considerando estos parámetros de diseño, la bomba seleccionada es SEV.80.80.75.2.51D (Grundfos). Las curvas que definen su funcionamiento para los parámetros de diseño establecidos se muestran en la Figura 34.

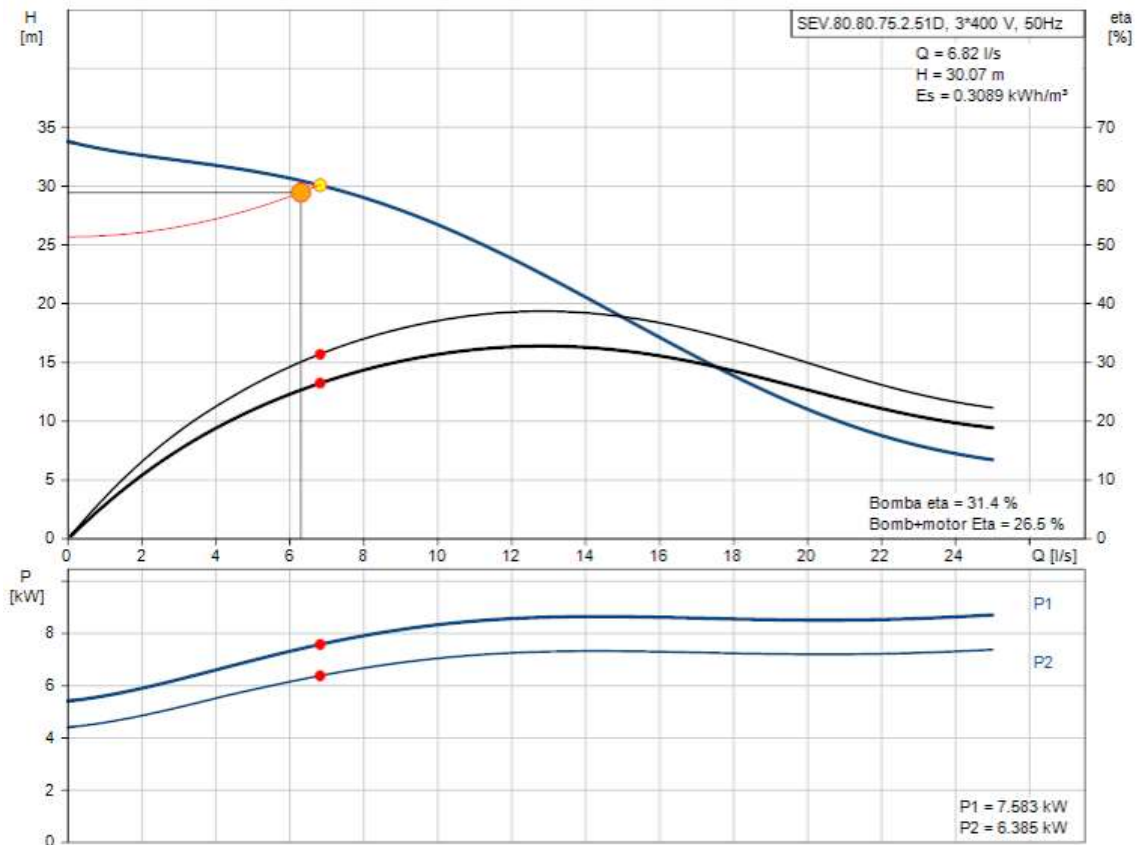


Figura 34. Curvas de funcionamiento de la bomba sumergible SEV.80.80.75.2.51D (Grundfos) para la red de aguas residuales 2a (<https://product-selection.grundfos.com/es/size-product.>)

- **Red de aguas residuales 2b**

El caudal pico de descarga es de 4.8l/s, la tubería de impulsión tiene una longitud aproximada de 501m, y hay una diferencia de nivel desde el punto de bombeo hasta el punto de conexión de 24.9 metros.

Considerando estos parámetros de diseño, la bomba seleccionada es SLV.80.80.75.2.51D.C (Grundfos). Las curvas que definen su funcionamiento para los parámetros de diseño establecidos se muestran en la Figura 35.

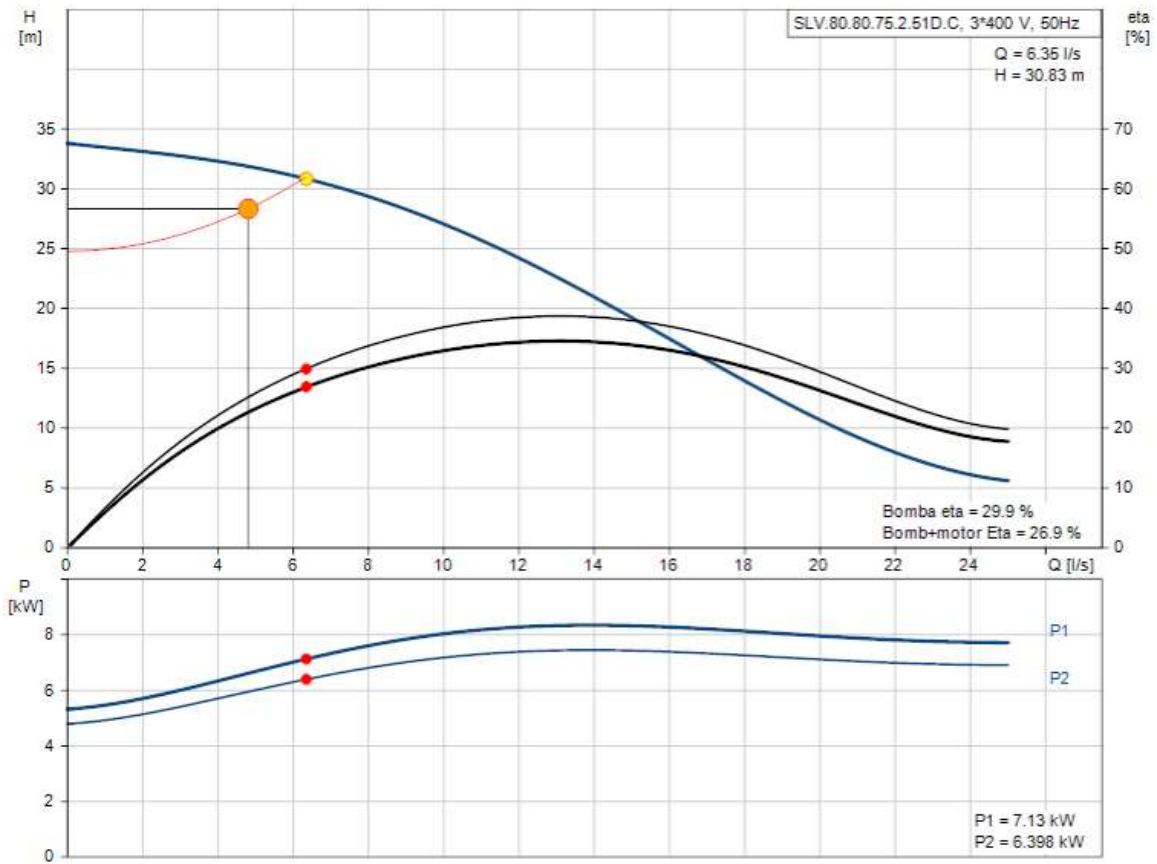


Figura 35. Curvas de funcionamiento de la bomba sumergible SLV.80.80.75.2.51D.C (Grundfos) para la red de aguas residuales 2b (<https://product-selection.grundfos.com/es/size-product.>)

APÉNDICE E: VALORACIÓN ECONÓMICA

E.1 RED DE AGUAS PLUVIALES 1

La Tabla 43, la Tabla 44 y la Tabla 45 presentan la valoración económica de las principales unidades de construcción que integran la red de aguas pluviales 1.

Tabla 43. Valoración económica de la instalación de las tuberías y de los pozos de inspección de la red de aguas pluviales 1.

Unidad - instalación de red de tuberías y pozos de inspección	Medida	Cantidad	Coste por unidad £	Coste £
Pozos de 1 a 1.5m metros de profundidad				
1200mm diámetro	nº	27	1,025.00	27,675.00
1350mm diámetro	nº	8	1,500.00	12,000.00
Pozos de 1.5 a 2m metros de profundidad				
1200mm diámetro	nº	9	1,150.00	10,350.00
1350mm diámetro	nº	11	1,600.00	17,600.00
1500mm diámetro	nº	1	1,950.00	1,950.00
Pozos de 2 a 3 metros de profundidad				
1200mm diámetro	nº	4	1,175.00	4,700.00
1350mm diámetro	nº	1	2,050.00	2,050.00
1500mm diámetro	nº	4	2,475.00	9,900.00
Pozos de 3 a 4 metros de profundidad				
1350mm diámetro	nº	2	2,500.00	5,000.00
1500mm diámetro	nº	2	3,000.00	6,000.00
Tuberías arcilla vitrificada < 1.5m profundidad				
150mm diámetro	m	371	97.00	35,987.00
225mm diámetro	m	268	130.00	34,840.00
300mm diámetro	m	251	185.00	46,435.00
Tub. arcilla vitrificada de 1.5 a 4m profundidad				
150mm diámetro	m	32	150.00	4,800.00
225mm diámetro	m	193	180.00	34,740.00
300mm diámetro	m	162	220.00	35,640.00
Tuberías de hormigón < 4m profundidad				
375mm diámetro	m	311	230.00	71,530.00
525mm diámetro	m	133	355.00	47,215.00
Coste total de unidad				£ 408,412.00

Tabla 44. Valoración económica de la instalación del tanque de atenuación de la red pluvial 1a.

Unidad - Instalación del tanque de atenuación de la red pluvial 1a	Medida	Cantidad	Coste por unidad £	Coste £
Tanque de celdas de polipropileno con ratio de huecos del 95%, incluyendo excavación e instalación	m3	2275	225.00	511,875.00
Evacuación del material a menos de 13kms de distancia con camiones, incluyendo impuestos. Suelo no contaminado.	m3	2730	33.23	90,717.90
Coste de unidad				£ 602,592.90

Tabla 45. Valoración económica de la construcción de la balsa de laminación de la red pluvial 1b.

Unidad - Construcción de la balsa de laminación de la red pluvial 1b	Medida	Cantidad	Coste por unidad £	Coste £
Excavación de la capa superior del suelo para su reutilización (300mm)	m2	1100	3.35	3,685.00
Excavación con maquinaria y formación de niveles para reducir hasta 4 metros de profundidad	m3	1780	1.39	2,474.20
Evacuación del material a menos de 13kms de distancia con camiones, incluyendo impuestos. Suelo no contaminado.	m3	2136	33.23	70,979.28
Instalación de geotextil permeable	m2	1320	0.60	792.00
Disposición de la capa de suelo de material excavado para el acabado	m3	330	5.28	1,742.40
Coste de unidad				£ 75,987.88

E.2 RED DE AGUAS PLUVIALES 2

La Tabla 46, Tabla 47, Tabla 48, Tabla 49 y Tabla 50 presentan la valoración económica de las principales unidades de construcción que integran la red de aguas pluviales 2.

Tabla 46. Valoración económica de la instalación de las tuberías y de los pozos de inspección de la red de aguas pluviales 2.

Unidad - instalación de red de tuberías y pozos de inspección	Medida	Cantidad	Coste por unidad £	Coste £
Pozos de 1 a 1.5m metros de profundidad 1200mm diámetro	nº	31	1,025.00	31,775.00
	nº	3	1,500.00	4,500.00
Pozos de 1.5 a 2m metros de profundidad 1200mm diámetro	nº	10	1,150.00	11,500.00
	nº	11	1,600.00	17,600.00
Pozos de 2 a 3 metros de profundidad 1200mm diámetro	nº	3	1,175.00	3,525.00
	nº	10	2,050.00	20,500.00
Pozos de 3 a 4 metros de profundidad 1350mm diámetro	nº	2	2,500.00	5,000.00
Tuberías arcilla vitrificada < 1.5m profundidad 150mm diámetro	m	313	97.00	30,361.00
	m	369	130.00	47,970.00
	m	413	185.00	76,405.00
Tub. arcilla vitrificada de 1.5 a 4m profundidad 150mm diámetro	m	50	150.00	7,500.00
	m	146	180.00	26,280.00
	m	212	220.00	46,640.00
Tuberías de hormigón < 4m profundidad 375mm diámetro	m	583	230.00	134,090.00
Coste total de unidad				£ 463,646.00

Tabla 47. Valoración económica de la construcción de balsa de laminación de la red pluvial 2a.

Unidad - Construcción de la balsa de laminación de la red pluvial 2a	Medida	Cantidad	Coste por unidad £	Coste £
Excavación de la capa superior del suelo para su reutilización (300mm)	m2	1260	3.35	4,221.00
Excavación con maquinaria y formación de niveles para reducir hasta 4 metros de profundidad	m3	1453	1.39	2,019.67
Evacuación del material a menos de 13kms de distancia con camiones, incluyendo impuestos. Suelo no contaminado.	m3	1744	33.23	57,939.83
Instalación de geotextil permeable	m2	1512	0.60	907.20

Unidad - Construcción de la balsa de laminación de la red pluvial 2a	Medida	Cantidad	Coste por unidad £	Coste £
Disposición de la capa de suelo de material excavado para el acabado	m3	378	5.28	1,995.84
Coste de unidad				£ 62,862.54

Tabla 48. Valoración económica de la construcción de balsa de laminación de la red pluvial 2b.

Unidad - Construcción de la balsa de laminación de la red pluvial 2b	Medida	Cantidad	Coste por unidad £	Coste £
Excavación de la capa superior del suelo para su reutilización (300mm)	m2	473	3.35	1,584.55
Excavación con maquinaria y formación de niveles para reducir hasta 4 metros de profundidad	m3	655	1.39	910.45
Evacuación del material a menos de 13kms de distancia con camiones, incluyendo impuestos. Suelo no contaminado.	m3	786	33.23	26,118.78
Instalación de geotextil permeable	m2	568	0.60	340.56
Disposición de la capa de suelo de material excavado para el acabado	m3	142	5.28	749.23
Coste de unidad				£ 28,119.02

Tabla 49. Valoración económica de la construcción de balsa de laminación de la red pluvial 2c.

Unidad - Construcción de la balsa de laminación de la red pluvial 2c	Medida	Cantidad	Coste por unidad £	Coste £
Excavación de la capa superior del suelo para su reutilización (300mm)	m2	735	3.35	2,462.25
Excavación con maquinaria y formación de niveles para reducir hasta 4 metros de profundidad	m3	830	1.39	1,153.70
Evacuación del material a menos de 13kms de distancia con camiones, incluyendo impuestos. Suelo no contaminado.	m3	996	33.23	33,097.08
Instalación de geotextil permeable	m2	882	0.60	529.20
Disposición de la capa de suelo de material excavado para el acabado	m3	221	5.28	1,164.24

Unidad - Construcción de la balsa de laminación de la red pluvial 2c	Medida	Cantidad	Coste por unidad £	Coste £
Coste de unidad				£ 35,944.22

Tabla 50. Valoración económica de la construcción de balsa de laminación de la red pluvial 2d.

Unidad - Construcción de la balsa de laminación de la red pluvial 2d	Medida	Cantidad	Coste por unidad £	Coste £
Excavación de la capa superior del suelo para su reutilización (300mm)	m2	690	3.35	2,311.50
Excavación con maquinaria y formación de niveles para reducir hasta 4 metros de profundidad	m3	870	1.39	1,209.30
Evacuación del material a menos de 13kms de distancia con camiones, incluyendo impuestos. Suelo no contaminado.	m3	1044	33.23	34,692.12
Instalación de geotextil permeable	m2	828	0.60	496.80
Disposición de la capa de suelo de material excavado para el acabado	m3	207	5.28	1,092.96
Coste de unidad				£ 37,491.18

E.3 RED DE AGUAS RESIDUALES 1

La Tabla 51 y Tabla 52 presentan la valoración económica para la red de aguas residuales 1.

Tabla 51. Valoración económica de la instalación de las tuberías y de los pozos de inspección de la red de aguas residuales 1.

Unidad - instalación de red de tuberías y pozos de inspección	Medida	Cantidad	Coste por unidad £	Coste £
Pozos de 1 a 1.5m metros de profundidad 1200mm diámetro	nº	37	1,025.00	37,925.00
Pozos de 1.5 a 2m metros de profundidad 1200mm diámetro	nº	7	1,150.00	8,050.00
Pozos de 2 a 3 metros de profundidad 1200mm diámetro	nº	4	1,175.00	4,700.00
Pozos de 3 a 4metros de profundidad 1200mm diámetro	nº	5	1,425.00	7,125.00
Tuberías arcilla vitrificada < 1.5m profundidad 100 - 150mm diámetro	m	1335	97.00	129,495.00
Tub. arcilla vitrificada de 1.5 a 4m profundidad 100 - 150mm diámetro	m	663	150.00	99,450.00
Coste total de unidad				£ 286,745.00

Tabla 52. Valoración económica del sistema de bombeo y tubería de impulsión de la red de aguas residuales 1.

Unidad - Sistema de bombeo y tubería de impulsión	Medida	Cantidad	Coste por unidad £	Coste £
Excavación con maquinaria y formación de niveles para reducir hasta 4 metros de profundidad	m3	10584	1.39	14,711.76
Evacuación del material a menos de 13kms de distancia con camiones, incluyendo impuestos. Suelo no contaminado.	m3	10584	33.23	351,706.32
Tanque de retención GPR 40,000 litros	nº	1	8,820.00	8,820.00
Sistema de bombeo 1	nº	1	20,659.00	20,659.00
Tubería de impulsión PVC con 1.2 metros de profundidad media con 100mm de diámetro	m	530	70.00	37,100.00
Coste de unidad				£ 432,997.08

E.4 RED DE AGUAS RESIDUALES 2

La Tabla 53, Tabla 54 y Tabla 55 presentan la valoración económica para la red de aguas residuales 2.

Tabla 53. Valoración económica de la instalación de las tuberías y de los pozos de inspección de la red de aguas residuales 2.

Unidad - instalación de red de tuberías y pozos de inspección	Medida	Cantidad	Coste por unidad £	Coste £
Pozos de 1 a 1.5m metros de profundidad 1200mm diámetro	nº	41	1,025.00	42,025.00
Pozos de 1.5 a 2m metros de profundidad 1200mm diámetro	nº	6	1,150.00	6,900.00
Pozos de 2 a 3 metros de profundidad 1200mm diámetro	nº	4	1,175.00	4,700.00
Pozos de 3 a 4metros de profundidad 1200mm diámetro	nº	4	1,425.00	5,700.00
Tuberías arcilla vitrificada < 1.5m profundidad 100 - 150mm diámetro	m	1475	97.00	143,075.00
Tub. arcilla vitrificada de 1.5 a 4m profundidad 100 - 150mm diámetro	m	477	150.00	71,550.00
Coste total de unidad				£ 273,950.00

Tabla 54. Valoración económica del sistema de bombeo y tubería de impulsión de la red de aguas residuales 2a.

Unidad - Sistema de bombeo y tubería de impulsión 2a	Medida	Cantidad	Coste por unidad £	Coste £
Excavación con maquinaria y formación de niveles para reducir hasta 4 metros de profundidad	m3	6912	1.39	9,607.68
Evacuación del material a menos de 13kms de distancia con camiones, incluyendo impuestos. Suelo no contaminado.	m3	6912	33.23	229,685.76
Tanque de retención GPR volumen 25,000 litros	nº	1	5,760.00	5,760.00
Sistema de Bombeo 2a	nº	1	22,294.00	22,294.00
Tubería de impulsión PVC con 1.2 metros de profundidad media con 80 mm diámetro	m	609	56.00	34,104.00
Coste de unidad				£ 301,451.44

Tabla 55. Valoración económica del sistema de bombeo y tubería de impulsión de la red de aguas residuales 2b.

Unidad - Sistema de bombeo y tubería de impulsión 2b	Medida	Cantidad	Coste por unidad £	Coste £
Excavación con maquinaria y formación de niveles para reducir hasta 4 metros de profundidad	m3	4723	1.39	6,565.25
Evacuación del material a menos de 13kms de distancia con camiones, incluyendo impuestos. Suelo no contaminado.	m3	4723	33.23	156,951.94
Tanque de retención GPR volumen 17,000 litros	nº	1	3,936.00	3,936.00
Sistema de Bombeo 2b	nº	1	17,483.00	17,483.00
Tubería de impulsión PVC con 1.2 metros de profundidad media con 80mm de diámetro	m	501	56.00	28,056.00
Coste de unidad				£ 212,992.19

APÉNDICE F: RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030

Relación del Trabajo Final de Grado “Estudio de alternativas de las redes de recogida de aguas pluviales y aguas residuales para un nuevo desarrollo urbanístico en Halton, Reino Unido” con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

El grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se presentan en la Tabla 56.

Tabla 56. Grado de relación del presente Trabajo Final de grado con los ODS.

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1. Fin de la pobreza.				X
ODS 2. Hambre cero.				X
ODS 3. Salud y bienestar.			X	
ODS 4. Educación de calidad.				X
ODS 5. Igualdad de género.				X
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.	X			
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.				X
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.			X	
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.			X	
ODS 10. Reducción de las desigualdades.				X
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.		X		
ODS 12. Producción y consumo responsables.				X
ODS 13. Acción por el clima.		X		
ODS 14. Vida submarina.				X
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.		X		
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.				X
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.				X

A continuación, se presenta la descripción de la alineación del TFG con los ODS con un grado de relación más alto.

ODS 6 - Agua limpia y saneamiento

Este trabajo propone una red separativa de aguas residuales y aguas pluviales para un nuevo desarrollo residencial. El agua residual se recoge por gravedad y posteriormente se bombea hasta la red pública. Desde ese punto, el agua discurrirá hasta la planta de tratamiento correspondiente para ser tratada.

Las aguas pluviales se recogen por gravedad y se descargan en el cauce de agua que se localiza junto al límite sur del desarrollo propuesto. Aunque se encuentra fuera del objeto de estudio de este trabajo, el agua será tratada, si es necesario, y de acuerdo con la legislación vigente, antes de abandonar la red de drenaje propuesta. De esta manera, se asegurará que el agua descargada en el cauce de agua cumpla con la calidad necesaria.

ODS 11 - Ciudades y Comunidades Sostenibles

El desarrollo urbanístico objeto de estudio intenta maximizar la conservación de las zonas verdes preexistentes. Además, incluye la propuesta de zonas verdes públicas. Las balsas de laminación son infraestructuras ecológicas, mimetizadas con el entorno. Estas balsas de laminación serán zonas verdes de recreo durante épocas secas y funcionarán para la recogida y atenuación de los volúmenes de escorrentía durante episodios de lluvia.

Además, el desarrollo se propone junto a una carretera de acceso ya existente, aunque habrá que realizar un estudio de tráfico para determinar si son necesarias obras de ampliación o mejora. Por último, el desarrollo se va a aprovisionar con servicios básicos adecuados y seguros.

ODS 13 - Acción por el Clima

La red de aguas pluviales se ha diseñado incorporando un factor de cambio climático del 40% a las series de precipitación. De esta manera, se pretende minimizar el crecimiento del riesgo de inundación, comparado con la situación actual, para el año horizonte 2080.

El desarrollo propuesto maximiza la retención de zonas verdes y reduce la creación de zonas impermeables a la extensión estrictamente necesaria para el correcto funcionamiento del nuevo desarrollo residencial propuesto.

ODS 15 - Vida de Ecosistemas Terrestres

El nuevo desarrollo se sitúa fuera del cinturón verde de Halton, con el objetivo de conservar los ecosistemas existentes en las zonas protegidas del municipio.



Además, para la aceptación del proyecto por parte de la autoridad local, se ha de desarrollar un Estudio de Impacto Ambiental con el que se demuestre que el impacto sea el mínimo necesario, y en cumplimiento con la legislación vigente, para la construcción e implementación del desarrollo propuesto.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Aecom, editor. *Spon's Architects' and Builders' Price Book 2020*. 0 ed., CRC Press, 2021. DOI.org (Crossref), doi:10.1201/9781003225744.

Balmforth, David y Construction Industry Research and Information Association. *Designing for Exceedance in Urban Drainage: Good Practice*. CIRIA, 2006.

Browse: Planning, Housing & Environment information. Halton Borough Council, 2019
<https://www3.halton.gov.uk/Pages/planning/planningandenvironment.aspx>. Accedido junio de 2021.

BS EN 752:2017. *Drain and sewer systems outside buildings. Sewer system Management*. BSI, 2018.

«Carbon Emissions Calculation Tool: Highways England». GOV.UK,
<https://www.gov.uk/government/publications/carbon-tool>. Accedido junio de 2021.

«Embodied Carbon Footprint Database». *Circular Ecology*,
<https://circularecology.com/embodied-carbon-footprint-database.html>. Accedido 22 de junio de 2021.

«Environment Agency». GOV.UK,
<https://www.gov.uk/government/organisations/environment-agency>. Accedido junio de 2021.

Flood Map for Planning - GOV.UK. <https://flood-map-for-planning.service.gov.uk>. Accedido junio de 2021.

Grundfos. 2021, <https://product-selection.grundfos.com/es/size-product>.

Google Earth Pro. Junio 2021.

Institute of Hydrology (Great Britain), editor. *Flood studies report*. Natural Environment Research Council, 1975.

Kellagher, R. *Rainfall runoff management for developments, Report - SC030219*. Environment Agency, 2013.

«Location Map. » *Streetmap*, <https://www.streetmap.co.uk/grid/120>. Accedido junio de 2021.

Marshall, D. C. W., y Adrian C. Bayliss. *Flood Estimation for Small Catchments*. Institute of Hydrology, 1994.

MicroDrainage. Innovyze, 2020.

Miluska.Jara, 2020 «Objetivos y metas de desarrollo sostenible». *Desarrollo Sostenible*, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>. Accedido junio de 2021.

National Building Specification. *Drainage and Waste Disposal: Drainage and Waste Disposal*. RIBA, 2015.

National Joint Utilities Group. *Guidelines on the positioning and colour Coding of Utilities' Apparatus*. 2003.

«National Planning Policy Framework». *GOV.UK*, <https://www.gov.uk/guidance/national-planning-policy-framework>. Accedido 20 de junio de 2021.

National SuDS Working Group. *Interim Code of Practice for Sustainable Drainage Systems*. 2004.

Participation, Expert. *Flood and Water Management Act 2010*. <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2010/29/contents>. Accedido 21 de junio de 2021.

«Sustainable Drainage Systems: Non-Statutory Technical Standards». *GOV.UK*, <https://www.gov.uk/government/publications/sustainable-drainage-systems-non-statutory-technical-standards>. Accedido junio de 2021.

Types of Rocks | Kinds of Rocks | Famous Rocks | Compare Rocks. rocks.comparenature.com/. Accedido junio de 2021.

Water UK. *Design and Construction Guidance for foul and surface water sewers offered for adoption under the Code for adoption agreements for water and sewerage companies operating wholly or mainly in England («the Code»)*. 2020.



«Welcome to BGS». *British Geological Survey*, <https://www.bgs.ac.uk/>. Accedido junio de 2021.

Woods Ballard, B., et al. *The SUDS Manual*. CIRIA Report 753. CIRIA, 2015.