



Universidad de
Oviedo



TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

Mención en Hidrología

Saneamiento de una Vivienda Unifamiliar con Captación de Aguas Pluviales y Reciclaje de Aguas Empleando Sistema Separativo

Autor(a): Andrea Fernández Chavarría

Tutor(a): Rodolfo Espina Valdés

Julio, 2024



Universidad de
Oviedo





Universidad de
Oviedo



Declaración de Originalidad del Trabajo Fin de Grado

D./Dña. Andrea Fernández Chavarría con DNI 53775946Z estudiante del Grado en Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica de Mieres de la Universidad de Oviedo, declaro bajo mi responsabilidad que:

El Trabajo de Fin de Grado aquí presentado con título “Saneamiento de una Vivienda Unifamiliar con Captación de Aguas Pluviales y Reciclaje de Aguas Empleando Sistema Separativo” ha sido realizado bajo mi autoría, es original y que todas las fuentes utilizadas para su realización han sido debidamente citadas en el mismo.

Para que así conste, firmo la presente declaración.

En Mieres, a 1 de Julio de 2024.

Andrea Fernández Chavarría

53775946Z



Relación del TFG con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

ODS con los que se relaciona el TFG:



Justificación:

ODS 6: Promueve la gestión sostenible del agua mediante la recolección y reciclaje de aguas pluviales y grises.

ODS 11: Mejora la sostenibilidad urbana mediante sistemas de saneamiento que optimizan el uso del agua y reducen la carga sobre los recursos naturales.

ODS 12: Fomenta el uso responsable de recursos hídricos y educa sobre prácticas de conservación en el contexto de una vivienda sostenible.

ODS 13: Mitiga el impacto ambiental relacionado con el agua mediante el reciclaje y reutilización de aguas residuales para mejorar la adaptación y resiliencia al cambio climático en una vivienda unifamiliar.



RESUMEN

En este **Trabajo Final de Grado**, se presenta una memoria técnica, compuesta por una memoria descriptiva y unos anexos, del diseño de la red de saneamiento de una vivienda unifamiliar aislada con un sistema de reciclaje de aguas grises y pluviales, ubicada en la ciudad de Gijón, en el Principado de Asturias. La finalidad de esta memoria es servir como base en el desarrollo futuro del proyecto de la vivienda.

A lo largo del trabajo, se analizarán detalladamente los componentes necesarios para la captación, almacenamiento, tratamiento y distribución del agua reciclada. Este enfoque no solo promueve la reutilización de recursos hídricos, disminuyendo la demanda de agua potable, sino que también contribuye a la minimización de residuos al gestionar y tratar las aguas residuales de manera más eficiente. Además, la implementación de este sistema favorece la reducción del consumo energético asociado al tratamiento y transporte del agua, fomentando prácticas alineadas con la *economía circular* y promoviendo un modelo de desarrollo que prioriza la *sostenibilidad*.

También se presentan aspectos constructivos de la vivienda desarrollados paralelamente en el TFG titulado “Diseño y Cálculo de una Vivienda Unifamiliar Aislada Bajo el Estándar Passivhaus” en el cual, también se plantean prácticas sostenibles en el diseño y desarrollo de edificaciones desde el punto de vista del *ecodiseño*.

Por último, se exploran las ventajas y los desafíos de implementar un sistema de este tipo, evaluando su viabilidad técnica, económica y ambiental en el contexto de una vivienda unifamiliar.

Asimismo, el presente documento busca aumentar la conciencia ambiental entre la población. Más allá de los aspectos técnicos y económicos, se pretende enfatizar la importancia de adoptar una mentalidad sostenible en el uso diario del agua. Al mostrar cómo las prácticas de reutilización y conservación del agua pueden integrarse eficazmente en la vida cotidiana de una vivienda unifamiliar, el estudio aspira a inspirar un cambio en la percepción y el comportamiento de los individuos hacia un consumo más responsable. De esta manera, se espera que la adopción de estos sistemas no solo optimice el uso del recurso hídrico, sino que también promueva una mayor *sensibilización* y *compromiso* hacia la protección del medio ambiente.



ABSTRACT

In this **Final Degree Project** (TFG), a technical report is presented, consisting of a descriptive report and annexes, on the design of the sanitation network of a detached single-family house with a graywater and rainwater recycling system, located in the city of Gijón, in the Principality of Asturias. The purpose of this report is to serve as a foundation for the future development of the housing project.

Throughout the work, the necessary components for the collection, storage, treatment, and distribution of recycled water will be analyzed in detail. The main objective is to design and implement a sanitation system that maximizes water use efficiency through the collection of rainwater and the recycling of graywater. The integration of a separative system allows for differentiated management of water according to its origin and quality, enabling its reuse in specific applications such as garden irrigation, cisterns, and washing machines.

Certain construction aspects of the house, developed in parallel in another TFG titled “Diseño y Cálculo de una Vivienda Unifamiliar Aislada Bajo el Estándar Passivhaus” are also presented..

Lastly, the advantages and challenges of implementing such a system are explored, evaluating its technical, economic, and environmental viability in the context of a single-family house. Additionally, this document aims to raise environmental awareness among the population. Beyond the technical and economic aspects, it seeks to emphasize the importance of adopting a sustainable mindset in the daily use of water. By demonstrating how water reuse and conservation practices can be effectively integrated into the daily life of a single-family home, the study aspires to inspire a change in individuals' perception and behavior towards more responsible consumption. In this way, it is expected that the adoption of these systems will not only optimize the use of water resources but also promote greater awareness and commitment towards environmental protection.



Universidad de
Oviedo



MEMORIA DESCRIPTIVA



Índice De Contenido

1.	Antecedentes.....	10
1.1.	La escasez de agua: un problema cada vez más presente.....	10
1.2.	La importancia de la reutilización	11
1.2.1.	Reutilización en viviendas.....	11
1.3.	Captación de aguas pluviales.....	12
1.4.	Calidad del agua	12
1.4.1.	Parámetros de referencia	12
1.5.	Instalaciones para la reutilización de aguas grises y pluviales.....	15
2.	Objeto	16
3.	Características de la vivienda	16
3.1.	Situación y emplazamiento.....	16
3.2.	Datos característicos	18
3.2.1.	Caudales generados previsibles.....	20
3.2.2.	Caudales demandados.....	20
4.	Aguas pluviales	20
4.1.	Captación de aguas	20
4.2.	Sistema de tratamiento: Módulo filtrante	22
4.3.	Depósito de almacenamiento.....	23
5.	Aguas grises.....	24
5.1.	Captación de aguas	24
5.2.	Sistema de tratamiento: Sistemas compactos	26
5.2.1.	Presentación de alternativas.....	28
5.2.2.	Comparativa General.....	31



5.2.3.	Elección de equipo.....	32
5.3.	Depósito de almacenamiento.....	33
6.	Instalación de retorno	33
6.1.	Sistema de bombeo.....	33
7.	Presupuesto.....	35
8.	Análisis de resultados y conclusiones	36
9.	Referencias	37

Índice De Ilustraciones

Ilustración 1:	Ubicación del Principado de Asturias. Fuente: Google Maps.....	17
Ilustración 2:	Ubicación del barrio de Somió, en la localidad de Gijón. Fuente: Google Maps	17
Ilustración 3:	Ubicación exacta de la vivienda. Fuente: Google Maps	18
Ilustración 4:	Vista sur de la vivienda. Fuente: Elaboración propia.....	19
Ilustración 5:	Vista noroeste de la vivienda. Fuente: Elaboración propia	19
Ilustración 6:	Cubiertas de la vivienda. Fuente: Elaboración propia.....	19
Ilustración 7:	Distribución capas sistema “Sedum Tapizante”. Fuente: ZinCo Cubiertas Ecológicas.....	21
Ilustración 8:	Perfil para alero TRP 80. Fuente: ZinCo cubierta ecológicas.....	22
Ilustración 9:	Depósito de almacenamiento para agua tratada. Fuente: DKDepurPack. 24	
Ilustración 10:	Depuradora Biológica “Fosa Filtro”. Fuente: DepósitosparaLíquidos ..	27
Ilustración 11:	Depuradora de oxidación total. Fuente: DepósitosparaLíquidos	27
Ilustración 12:	Depuradora SBR BIOX6. Fuente: DKDepurPack	33
Ilustración 13:	Bomba Sumergible Shurflo. Fuente: AutoSolar.....	34



Índice De Tablas

Tabla 1 . Parámetros aguas pluviales. Fuente: IGME	14
Tabla 2. Parámetros aguas grises. Fuente: AquaEspaña	14
Tabla 3. Parámetros admisibles del agua de salida. Fuente: RD 1620/2007	15
Tabla 4. Comparativa de los diferentes sistemas de tratamiento compactos. Fuente: Propia	31
Tabla 5. Calidad del agua de salida. Fuente: Aqualia	32



1. Antecedentes

1.1. La escasez de agua: un problema cada vez más presente

La escasez de agua se define como el punto en el cual el consumo de los usuarios afecta al suministro o la calidad del agua, de tal manera que la demanda no puede ser completamente satisfecha.

El suministro de agua potable es crucial para la salud, la industria y la agricultura. Actualmente, los países más afectados por la escasez de agua se encuentran en Oriente Medio y el Norte de África, aunque también países como España están sufriendo situaciones de alto nivel de estrés hídrico.

Las causas de la escasez de agua en el mundo son diversas, entre las principales se encuentran:

- **Contaminación:** La contaminación del agua dulce, así como la contaminación de la tierra y el aire, puede infiltrarse en los cuerpos de agua y afectar su calidad.
- **Sequía:** El cambio climático ha intensificado las sequías, provocando periodos prolongados sin lluvia, lo que resulta en una escasez de agua para el consumo humano, la agricultura y la industria.
- **Uso descontrolado del agua:** Tanto a gran escala en las fábricas como a pequeña escala en los hogares, el uso desmedido del agua contribuye significativamente a su escasez.

La escasez de agua puede tener consecuencias devastadoras, tales como:

- **Enfermedades:** La falta de acceso a agua potable y sistemas adecuados de potabilización obliga a las personas a recurrir a fuentes contaminadas, lo que puede provocar enfermedades.
- **Hambre:** La escasez de agua afecta la agricultura, la ganadería y la industria, lo que puede llevar a la escasez de alimentos y, consecuentemente, al hambre.
- **Desaparición de especies:** Tanto las especies vegetales como los animales dependen del agua para sobrevivir, por lo que su escasez amenaza la biodiversidad.
- **Conflictos:** La falta de recursos hídricos está en el origen de numerosos conflictos y provoca desplazamientos de personas en busca de lugares seguros para vivir.

Aunque en cifras totales la oferta mundial de agua dulce aún supera la demanda, los problemas con el agua dulce son significativos debido a su distribución desigual. Por ejemplo, América del Sur posee el 26% de los recursos hídricos del planeta para solo el 6% de la población mundial, mientras que Asia, con el 60% de la población mundial, dispone solo del 36% del agua dulce disponible. Actualmente, 550 millones de personas viven en países con escasez y estrés hídrico.



Se habla de escasez cuando el déficit de agua es crónico debido a causas meteorológicas como sequías y cambio climático. En cambio, el estrés hídrico se refiere a situaciones en las que la presión demográfica y la contaminación, más que la disminución de los recursos hídricos disponibles, son las causantes de la escasez

1.2. La importancia de la reutilización

Dado los problemas asociados con el agua, su consumo, su distribución desigual y su enorme importancia para la vida, es evidente que el ahorro, el consumo controlado y la reutilización del agua son esenciales para mantener nuestro estilo de vida.

Según el **R.D. 1620/2007**, las *aguas reutilizadas* son aquellas que, habiendo sido utilizadas por quien las derivó, se han sometido al proceso o procesos de depuración establecidos en la correspondiente autorización de vertido y a los necesarios para alcanzar la calidad requerida para un nuevo uso privativo, en función de los usos a que se van a destinar antes de su devolución al dominio público hidráulico y al marítimo terrestre.

La reutilización del agua es una estrategia esencial para la gestión sostenible de los recursos hídricos. A través de la conservación de recursos, la reducción de la contaminación, el ahorro económico y la adaptación al cambio climático, la reutilización del agua ofrece una solución integral a los desafíos actuales y futuros relacionados con la escasez de agua. Fomentar y adoptar prácticas de reutilización del agua es fundamental para asegurar un futuro en el que el agua esté disponible para todos los usos necesarios, sin comprometer la salud de nuestro planeta.

El presente proyecto destaca la necesidad urgente de adoptar prácticas sostenibles de gestión del agua y muestra cómo la reutilización del agua puede contribuir significativamente a la seguridad hídrica global.

1.2.1. Reutilización en viviendas

En cuanto a la reutilización de aguas de origen urbano, se pueden considerar dos vertientes, tratar solo las aguas grises o tratar todas las aguas residuales, que incluye las aguas grises y las aguas negras.

Aguas grises: Se denomina aguas grises a las provenientes de duchas, bañeras y lavabos principalmente, aunque a veces se incluyen también fregaderos, lavadoras y lavavajillas. Tienen una carga de contaminantes muy baja y están prácticamente exentas de restos fecales humanos. Su tratamiento es muy sencillo y habitualmente se utiliza para alimentar las cisternas de los inodoros. El volumen de aguas grises es de al menos un 40% del total en el uso doméstico (lavabo + ducha) y el consumo del inodoro se estima en un 30 % por lo que este gasto queda cubierto. Con un consumo medio por habitante en España de 144 litros al día se estarían ahorrando 43 litros por habitante y día.



Aguas residuales: Las aguas residuales incluyen tanto las aguas grises y como las aguas negras. Las aguas negras son líquidos contaminados que contienen material fecal y orina. Requieren sistemas de canalización y tratamiento para poder cumplir con la normativa vigente. Estas aguas no pueden ser utilizadas para otras actividades a menos que pasen por un tratamiento el cual supone la necesidad de una mayor infraestructura y una mayor inversión.

Para este proyecto, se ha decidido dar uso únicamente a las aguas grises, debido a la cantidad de materia orgánica biodegradable que contienen las aguas negras.

1.3. Captación de aguas pluviales

Ante la situación de escasez de agua mencionada anteriormente, también se implementará un proceso de captación de aguas pluviales. La recuperación de agua pluvial implica filtrar el agua de lluvia recogida en una superficie determinada, como el tejado o la azotea, y almacenarla en un depósito. Posteriormente, el agua tratada se distribuye a través de un circuito hidráulico independiente de la red de agua potable. Con la instalación de un sistema de recuperación de agua de lluvia, se puede ahorrar fácilmente hasta un 40% del consumo de agua potable en el hogar.

Aunque no es potable, el agua de lluvia tiene una gran calidad debido a su baja concentración de contaminantes. Esta agua es ideal para muchos usos domésticos, como la recarga de inodoros y el riego de jardines, donde puede sustituir al agua potable.

La recuperación de aguas pluviales se lleva a cabo utilizando las cubiertas de los edificios como captadores. El agua se recoge mediante canalones o sumideros en el tejado o la terraza, se conduce a través de bajantes y se almacena en un depósito.

Incorporar las aguas pluviales a las aguas grises proporciona una fuente adicional de agua limpia, lo que reduce la concentración de contaminantes en las aguas grises mediante dilución. Esto facilita los tratamientos posteriores necesarios para reutilizar dicha agua, ampliando las posibilidades de ahorro y conservación de recursos hídricos.

1.4. Calidad del agua

1.4.1. Parámetros de referencia

El control de la calidad del agua destinada al abastecimiento de la población es un proceso integral que comienza en su origen, como embalses, ríos y pozos. Este monitoreo continúa durante su tratamiento en las estaciones de tratamiento de agua potable (ETAP) y se extiende a lo largo de su recorrido por la red de distribución hasta llegar al consumidor final.



En cada uno de estos puntos se recolectan muestras de agua, las cuales son posteriormente analizadas en el laboratorio. Los técnicos, utilizando técnicas adecuadas, evalúan los parámetros necesarios para determinar si el agua es apta para el consumo humano. Los parámetros que se deben controlar en el agua que llega al grifo del consumidor incluyen, como mínimo: olor, sabor, color, turbidez y conductividad.

Asimismo, el agua destinada a la reutilización en una vivienda unifamiliar debe cumplir con ciertos parámetros para ser considerada apta para su uso. Existen distintos parámetros para determinar la calidad del agua, asegurando que cumpla con los estándares requeridos tanto para su consumo como para su reutilización.

El **Real Decreto 1620/2007** establece los siguientes parámetros para evaluar la calidad del agua:

Microbiológicos:

- ***Nematodos intestinales:*** Parásitos que pueden transmitir patógenos y afectar la calidad del agua tratada.
- ***Escherichia-coli:*** Su presencia indica fallos en la desinfección del agua o contaminación posterior al tratamiento.

Fisicoquímicos:

- ***Sólidos en suspensión:*** Pequeñas partículas que indican la calidad del agua, ya que pueden transportar contaminantes.
- ***Turbidez:*** Medida de la pérdida de transparencia del agua debido a partículas en suspensión. Influye en el olor, sabor y posible toxicidad del agua.

Físicos:

- ***Sabor y olor:*** Determinaciones subjetivas importantes para el agua potable.
- ***Conductividad y resistividad:*** Medida de la capacidad del agua para conducir electricidad, indicando la presencia de impurezas.

Químicos:

- ***pH:*** Determina la acidez o alcalinidad del agua.
- ***Dureza:*** Concentración de minerales como calcio y magnesio.
- ***Alcalinidad:*** Capacidad de neutralizar ácidos, importante para evitar corrosión y espumas.
- ***Coloides:*** Material en suspensión que requiere tratamientos específicos para su eliminación.
- ***Nitrógeno total Kjeldahl:*** Indica la cantidad de nitrógeno, relevante para la calidad del agua.

Biológicos:



- **DBO (Demanda Biológica de Oxígeno):** Mide el oxígeno consumido en la eliminación de materia orgánica.
- **DQO (Demanda Química de Oxígeno):** Mide la capacidad de consumo de un oxidante químico para materias oxidables, proporcionando una medición rápida.

Para determinar los parámetros de referencia de las aguas pluviales y grises, partiremos de unos valores orientativos facilitados por **Aqua España (Asociación Española De Empresas De Tratamiento Y Control De Aguas)**.

Tabla 1 . Parámetros aguas pluviales. Fuente: AquaEspaña [7]

	PARÁMETROS	VALOR ORIENTATIVO AGUAS PLUVIALES
PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	pH	4,4-5,7
	Conductividad eléctrica	10-50 μ S/cm
	Oxígeno disuelto	2,8-5,4 mg/L
	Dióxido de carbono disuelto	1-3,2 mg/L
	Sales disueltas totales	4,9-12,9 mg/L
	Solidos suspendidos	60 mg/L
	DQO	30 mg/L
	DBO5	5 mg/L
	N. total	1,6 mg/L

Tabla 2. Parámetros aguas grises. Fuente: AquaEspaña [6]

	PARÁMETROS	VALOR ORIENTATIVO AGUAS GRISES
PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	Solidos en suspensión	45-330 mg/L
	DBO5	90-290 mg/L
	N Kjeldahl	2.1-31.5 mg/L
	Turbidez	22-200 NTU
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	Coliformes totales	10^1 - 10^6 UFC/100ml
	Escherechia Coli	10^1 - 10^5 UFC/100ml

En cuanto a la calidad del agua, esta viene definida por el uso que se le va a dar. El **Real Decreto 1620/2007** ofrece unos criterios de calidad para la reutilización de aguas que el



proyecto que se va a realizar tendrá que cumplir. Los correspondientes a este proyecto son los siguientes:

Tabla 3. Parámetros admisibles del agua de salida. Fuente: RD 1620/2007 [8]

Uso del agua previsto	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE			
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ
	1-Usos urbanos			
CALIDAD 1.1: RESIDENCIAL				
a) Riego de jardines privados	1 huevo/10L	0 UFC/1000mL	10 mg/L	2 UNT
b) Descarga de aparatos sanitarios				

1.5. Instalaciones para la reutilización de aguas grises y pluviales

Para conseguir los valores anteriormente expuestos, las aguas residuales que se pretenden reutilizar han de ser sometidas a tratamientos de eliminación o reducción de materia orgánica, turbidez, sólidos en suspensión o nematodos intestinales. Para ello, se procederá a plantear diversos tratamientos.

Toda instalación de tratamiento de aguas, ya sean pluviales o grises, dispone de una serie de componentes claramente identificables que configuran su estructura básica. A continuación, se describen las partes comunes de estas instalaciones:

1. Red de captación:

- **Aguas pluviales:** Incluye tejados y cubiertas de edificios, así como canalones, sumideros, canaletas y tuberías que recogen y canalizan el agua de lluvia.
- **Aguas grises:** Conjunto de tuberías que recogen las aguas grises de los distintos puntos de origen y las canalizan hasta el sistema de almacenamiento y tratamiento posterior. Esta red es independiente de la red de aguas residuales.

2. Sistema de filtración primaria:

Separación, mediante un filtro discriminador de tipo mecánico o físico, de las partículas o residuos de mayor tamaño provenientes de la red de captación.

3. Sistema de almacenamiento:

Depósitos que almacenan el agua recolectada, ya sea pluvial o gris. En el caso de aguas grises, el almacenamiento inicia el proceso de tratamiento mediante los equipos adecuados.

4. Tratamiento secundario - Depuración:



Aplicación de uno o varios tratamientos encargados de reducir la carga contaminante del agua filtrada. Estos tratamientos pueden incluir diferentes etapas para alcanzar el nivel mínimo de calidad del agua suficiente para su reutilización en los puntos de consumo autorizados. Se efectúan en el interior de uno o varios tanques o depósitos y pueden realizarse mediante aireación, tratamiento químico, biológico o una combinación de estos métodos.

5. Usos del agua tratada:

Reutilización para riego de jardines, lavadoras y recarga de cisternas.

2. Objeto

El presente documento tiene como objetivo tanto el diseño e implementación de un sistema de recirculación de las aguas grises, procedentes de cocina y baños de una vivienda unifamiliar, como el aprovechamiento de las aguas pluviales abundantes en la zona, con el fin de reducir hasta en un 40% el consumo de agua de la unidad familiar.

Para ello se presentarán diferentes alternativas para el tratamiento de las aguas a reutilizar, garantizando su apta calidad para diferentes usos como carga de cisternas y riego de jardines.

Además, este proyecto, tiene como finalidad concienciar sobre la necesidad de una buena gestión del agua en nuestras ciudades, ante la inminente escasez de este bien tan primordial, en cada vez más puntos del planeta.

3. Características de la vivienda

3.1. Situación y emplazamiento

Para el diseño y desarrollo de la vivienda se ha seleccionado una parcela ubicada en el barrio de Somió (Gijón), en el Principado de Asturias.

La ubicación dota a la instalación de un importante caudal de aguas pluviales a gestionar, para su óptimo aprovechamiento en los nuevos usos a los que serán destinadas.

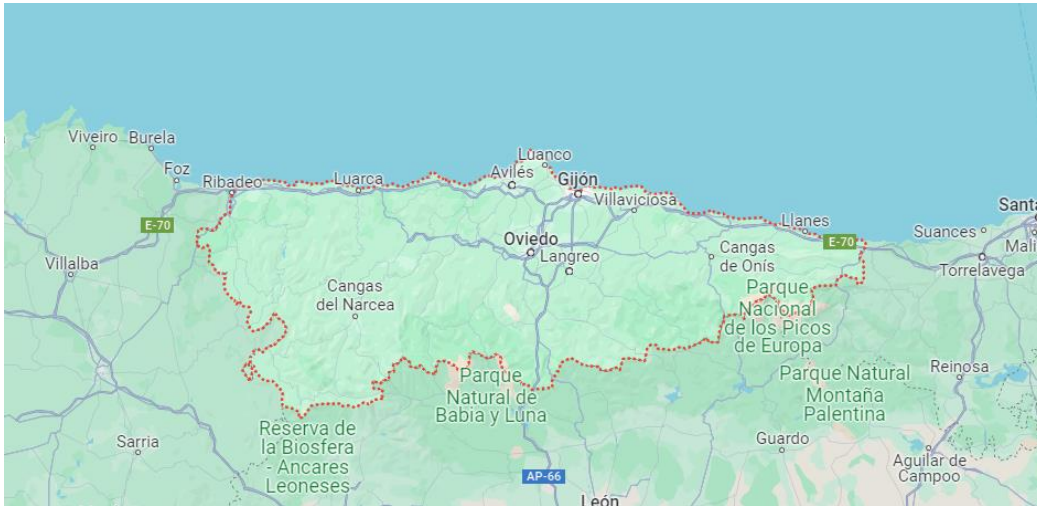


Ilustración 1: Ubicación del Principado de Asturias. Fuente: Google Maps



Ilustración 2: Ubicación del barrio de Somió, en la localidad de Gijón. Fuente: Google Maps



Ilustración 3: Ubicación exacta de la vivienda. Fuente: Google Maps

3.2. Datos característicos

La vivienda, compuesta por una estructura de paneles de madera contralaminada (CLT) de origen sostenible, cuenta con 3 baños, 1 aseo y 1 cocina distribuidos en tres plantas de 3 metros cada una, ANEXO III. Por lo cual, para el cálculo de la producción de aguas grises, se dispondrá de 3 duchas, 4 lavabos, un fregadero, una lavadora y un lavavajillas. En la Ilustración 4 y la Ilustración 5 se muestran las vistas principales de la vivienda diseñada.



Ilustración 4: Vista sur de la vivienda. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 5: Vista noroeste de la vivienda. Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la dotación de aguas pluviales, el área de captación consiste en una cubierta vegetal extensiva y otra cubierta plana sin grava de 95 m² y 65 m² respectivamente.



Ilustración 6: Cubiertas de la vivienda. Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta al jardín, no se ha realizado obra de acondicionamiento, por lo que se desconoce la extensión de este. Todo el agua disponible tras su uso en la recarga de cisternas y lavadora, será considerado para riego de ese área.



3.2.1. Caudales generados previsibles

En el Anexo I viene especificado el cálculo de los caudales anuales estimados tanto de aguas pluviales como de aguas grises y son los siguientes:

Aguas pluviales: **100650 L/año**

Aguas grises: **156220 L/año**

Por tanto, sumando ambos caudales, se prevé una generación de aguas de **257000 L/año**.

3.2.2. Caudales demandados

La totalidad del agua tratada será destinada a riego de jardines, lavadora y recarga de cisternas, como ya ha sido mencionado anteriormente. Extrayendo los datos del Anexo I, se puede concluir que el caudal demandado es: **257000L/año**.

El caudal demandado es igual que el caudal generado, por lo que podrán satisfacerse las necesidades de agua para los usos escogidos.

4. Aguas pluviales

4.1. Captación de aguas

Como ha sido indicado anteriormente, las aguas pluviales serán captadas por dos cubiertas planas de diferente composición. De ellas derivará todo el agua captada, por medio de unos pequeños aleros, hacia un patio de luz que actuará como módulo filtrante de esas aguas para su reutilización.

Cada cubierta cuenta con su propio sistema de filtrado que sirve de primer cribado para hojas, ramas u otros objetos de gran tamaño que puedan llegar a la instalación.

- **Cubierta vegetal:**

Consiste en una cubierta verde extensiva tipo “Sedum tapizante” de *ZinCo*. Este sistema resulta una alternativa ecológica a las cubiertas convencionales con capas de grava. Son ligeras y de poca altura y una vez se da por establecida la vegetación, el mantenimiento se limita a una o dos inspecciones al año.

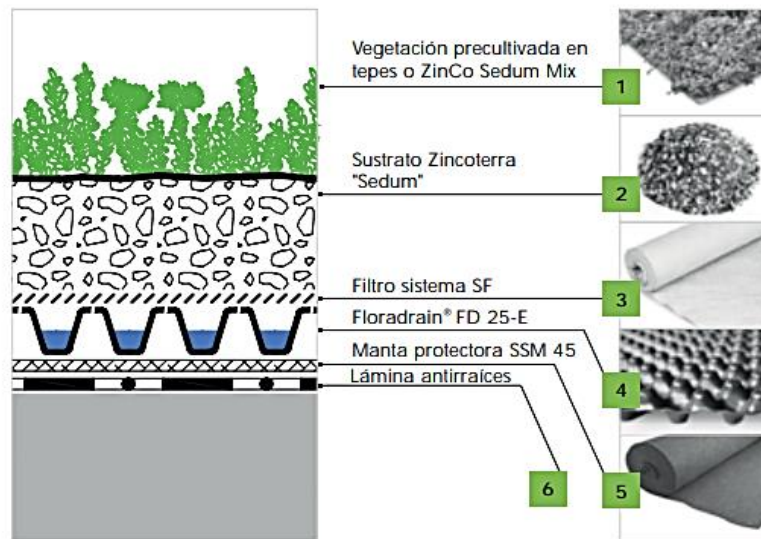


Ilustración 7: Distribución capas sistema "Sedum Tapizante". Fuente: ZinCo Cubiertas Ecológicas

El elemento de drenaje y de retención de agua que emplea este sistema es el *Floradrain FD 25-E*, idóneo para el uso debajo de ajardinamientos extensivos el cual, cuenta con concavidades para la retención de agua, así como sistema de canaletas continuo en el lado inferior lo que permite drenar el agua excedente de forma segura.

Para evitar que el agua genere problemas de filtraciones en la fachada se dispondrá un pequeño alero con goterón en el perfil por el que descenderá el agua a modo de "cascada" hacia el patio de luz.

La propia cubierta actúa como filtro de grandes sólidos para facilitar las posteriores etapas del tratamiento.

- **Cubierta invertida:**

La composición de esta cubierta consiste en una cubierta plana invertida con grava. Al igual que en la cubierta vegetal, se dispondrá de aleros en las fachadas de desagüe, pero en este caso se les añadirán unos *perfiles TRP 80* de aluminio, que actuarán como tope de gravedad y retenedores de grava. La parte vertical está perforada para permitir el flujo de agua hacia la zona de evacuación y reteniendo sólidos de gran tamaño que puedan interferir posteriormente.



Ilustración 8: Perfil para alero TRP 80. Fuente: ZinCo cubierta ecológicas

4.2. Sistema de tratamiento: Módulo filtrante

Como se ha comentado anteriormente, el proceso de tratamiento principal para las aguas de lluvia se llevará a cabo en el recinto formado por el patio de luz que puede observarse en la Ilustración 4. Este constará únicamente de un sistema de filtración primario para conseguir los parámetros necesarios para su reutilización.

Se ha optado por la construcción de un módulo filtrante compuesto por diversas capas de materiales sobrepuestos entre sí. La función principal del filtro es purificar el agua que pasa por él, eliminando partículas pequeñas, sólidos y sustancias químicas disueltas, o metales pesados que pudieran ser nocivos entre sus capas, dependiendo los materiales que lo componen, el diseño, así como el uso que se le dará al agua, será el porcentaje de purificación que proporcione este instrumento. [4]

Las capas que lo constituyen son las siguientes:

1. **Cantos rodados:** Los cantos rodados se colocan en la superficie del jardín de lluvia. Ayudan a dispersar el flujo de agua, reducen la velocidad del agua de lluvia y evitan la erosión. Constituirán un espesor de unos **10 cm**. En esta capa se colocará una **tubería horizontal fisurada** para controlar el nivel del agua en el jardín de lluvia, permitiendo el drenaje cuando el agua alcanza un cierto nivel.
2. **Capa de filtro:** La finalidad principal es permitir el drenaje del agua y por ende contener menos del 3% de limo y arcilla. Claramente es oportuno crear un **sustrato** para mantener la expansión de las raíces de las plantas, y también para promover un rico ambiente microbiológico. Considerando el sistema de raíces de la variedad de plantas elegidas, el espesor de esta capa no debe ser superior a **40 y 60 cm**.
3. **Capa de transición:** Esta área finge de filtro para impedir la migración vertical de los materiales que componen el biofiltro en la zona de drenaje. Esta área debe estar compuesta por **arena** bien calibrada con menos del 2% de partículas finas.



Con el fin de agilizar el drenaje, cada capa inferior debe tener mayor conductividad hidráulica respecto a aquellas superiores. El espesor mínimo de esta capa debería ser de **10 cm**.

4. **Carbón activado:** El carbón activado es efectivo para filtrar contaminantes y mejorar la calidad del agua que se infiltra en el suelo. El espesor de esta capa será también de unos **10 cm**.
5. **Sistema de drenaje:** constituido por agregados finos (tamaño de **grava** de 2 a 7 mm). La función principal de esta zona es recoger y transportar el agua de lluvia tratada y, por último, en este particular diseño en capas, mantener y almacenar una reserva de agua accesible a la vegetación durante los periodos de sequía. El espesor de esta zona debería ser de entre **45 y 50 cm**.
Integrados en esta capa se encuentran el sistema de **drenes** que ayudan a dirigir el exceso de agua fuera del jardín de lluvia, evitando el encharcamiento y garantizando un flujo de agua constante.
6. **Capa impermeable:** La capa impermeable evita que el agua penetre en el suelo subyacente, dirigiéndola hacia el sistema de drenaje o hacia áreas específicas de infiltración.
7. **Revestimiento de hormigón:** servirá como base estructural para el jardín de lluvia, proporcionando estabilidad y soporte.

Tabla 4. Calidad del agua de salida. Fuente: TFG módulo filtrante [3]

PARÁMETROS	VALORES
<i>SS permeado [mg/L]</i>	0,8
<i>Turbidez permeado [UNT]</i>	0,3
<i>DBO5 permeado [mg/L]</i>	5
<i>Escherichia coli UFC/100ml (con cloración)</i>	Ausencia
<i>Nematodos intestinales [huevos/L]</i>	Ausencia

4.3. Depósito de almacenamiento

Los drenes derivarán el agua tratada a un depósito de almacenamiento común junto a las aguas grises también tratadas.



El depósito elegido será subterráneo (la ubicación puede observarse en el ANEXO III) a fin de mantener un perfil estético bajo y poder utilizar el área sobre el tanque para otros fines. Además, el suelo le proporcionará aislamiento térmico y protección contra la luz solar y condiciones ambientales extremas.

Dados los caudales generados y demandados el volumen necesario estimado para el depósito, calculado en el ANEXO I, será de **4224 L**.

Por esta razón se ha elegido el depósito horizontal de polietileno con capacidad de 5000 L comercializado por la empresa *Depurpack SL*, apto para instalación enterrada, almacenamiento de aguas residuales. Este depósito presenta elevada resistencia física y mecánica, ligero manejo y comportamiento excelente ante la corrosión.



Ilustración 9: Depósito de almacenamiento para agua tratada. Fuente: DKDepurPack

5. Aguas grises

5.1. Captación de aguas

Es fundamental realizar los cálculos necesarios para dimensionar adecuadamente la red de recolección de aguas grises. Este sistema debe conectar los desagües de lavabos, duchas, lavadoras, lavavajillas y fregaderos al sistema de tratamiento de manera sencilla y eficiente.

En el caso de las aguas grises, la red debe enlazar la evacuación de los desagües de los aparatos que generan estas aguas con el conjunto de tuberías y accesorios que las transportarán hasta los puntos de vertido y almacenamiento del equipo de tratamiento.



Dentro de las posibilidades de configuración de las redes de saneamiento se encuentran:

1. Unitarias: El tratamiento de agua se realiza de forma conjunta, es decir, se recoge el agua de lluvia y las aguas grises que se van a aprovechar, se unen y se tratan ambas.

2. Separativas: El tratamiento se realiza por separado, al agua pluvial se le dan ciertos tratamientos para conseguir la calidad mínima exigida; y al agua residual se le dan los tratamientos que necesite para conseguir, de igual manera, la calidad requerida.

3. Pseudoseparativas: Disponen de una única tubería para las aguas residuales y pluviales procedentes de la edificación, y de otra tubería para las aguas procedentes de la escorrentía de la vía pública.

4. Doblemente separativas: Aquel que evacua de forma independiente las aguas residuales domésticas, las industriales y las pluviales.

Para este proyecto se ha optado por una red de saneamiento *separativa* ya que aporta múltiples ventajas como:

- **Eficiencia en el Tratamiento de Aguas Residuales:** Al separar las aguas residuales de las aguas pluviales, se puede garantizar que las aguas residuales sean tratadas de manera adecuada y eficiente. Esto es crucial para cumplir con las normativas locales de tratamiento de aguas y para proteger el medio ambiente.
- **Reducción del Riesgo de Inundaciones:** Separar las aguas pluviales y dirigir las a un sistema de drenaje independiente (como un jardín de lluvia, un pozo de infiltración, o un sistema de recolección de agua de lluvia) puede ayudar a prevenir la saturación del sistema de alcantarillado de la vivienda y reducir el riesgo de inundaciones en el patio o en áreas adyacentes.
- **Reutilización de Aguas Pluviales:** Una red separativa permite la recolección y el uso de aguas pluviales para fines no potables, como el riego del jardín, el lavado de autos o el uso en sanitarios. Esto puede reducir significativamente el consumo de agua potable y los costos asociados.
- **Mantenimiento Simplificado:** Mantener los sistemas de tratamiento y drenaje separados puede simplificar el mantenimiento. Problemas en el sistema de aguas pluviales (como bloqueos o filtraciones) no afectarán el sistema de aguas residuales y viceversa. Esto facilita la identificación y solución de problemas.
- **Protección del Sistema Séptico:** Para viviendas unifamiliares que utilizan fosas sépticas, separar las aguas pluviales reduce la carga sobre el sistema séptico. Las fosas sépticas están diseñadas para manejar una cantidad específica de aguas residuales, y la infiltración de aguas pluviales puede sobrecargar el sistema, llevando a fallos y costos de mantenimiento elevados.
- **Conformidad con Regulaciones:** En muchas áreas, las regulaciones locales de construcción y saneamiento requieren la separación de aguas residuales y pluviales. Implementar una red separativa desde el inicio asegura el cumplimiento con estas normativas y evita problemas legales y de salud pública.
- **Beneficios Ambientales:** La gestión adecuada de aguas pluviales ayuda a reducir la erosión del suelo y la contaminación de cuerpos de agua cercanos. Al permitir



que el agua de lluvia se infiltre en el suelo, se recargan los acuíferos y se mejora la calidad del agua subterránea.

La vista en planta de la red de saneamiento de aguas grises, calculada en el ANEXO II, puede verse en el ANEXO III.

En cuanto al sistema de ventilación, solo será necesario un sistema de ventilación primaria. Su objetivo es asegurar una circulación mínima de aire para facilitar la evacuación de gases, prevenir malos olores y evitar reflujos de agua en la red de los usuarios a través de los aparatos.

5.2. Sistema de tratamiento: Sistemas compactos

Los sistemas compactos de tratamiento de aguas están diseñados para ocupar un espacio mínimo y son especialmente útiles en entornos donde el espacio es limitado, como en pequeñas poblaciones, residencias individuales y edificios. Aunque requieren menos espacio, estos sistemas generalmente implican mayores costos energéticos y requieren un control constante y personal especializado para su funcionamiento eficiente.

Comparados con los sistemas extensivos y semi-intensivos, los compactos son más adecuados para entornos urbanos y áreas con restricciones de espacio, proporcionando un tratamiento avanzado y eficiente en un formato reducido, por lo tanto, resulta el más idóneo para este proyecto.

Existen principalmente dos tipos:

- **Depuradoras Biológicas:**

Dentro de los sistemas de depuración biológica para viviendas, se encuentran los filtros biológicos compactos, comúnmente conocidos como "fosa filtro". Estos sistemas se destacan por su simplicidad, bajo costo y mínima necesidad de mantenimiento. Una ventaja adicional es que no dependen de energía eléctrica y no necesitan de personal altamente calificado para su mantenimiento.

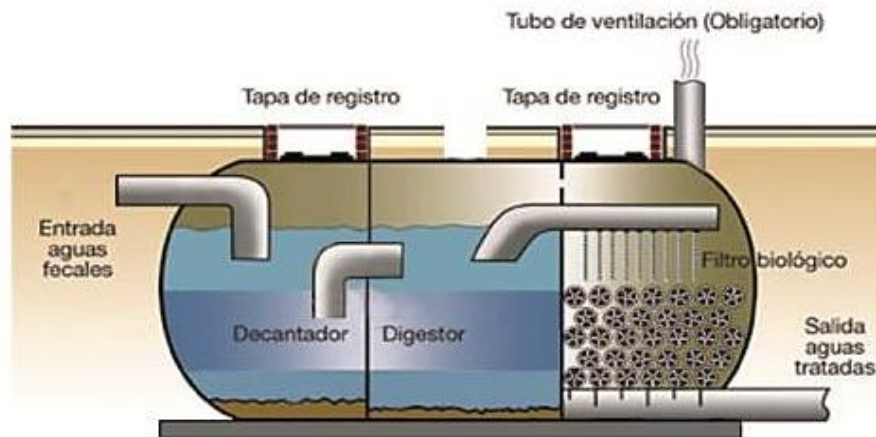


Ilustración 10: Depuradora Biológica "Fosa Filtro". Fuente: DepósitosparaLíquidos

- **Depuradoras de Oxidación Total:**

Las depuradoras de oxidación total tienen un primer depósito donde un conjunto de difusores inyecta aire, manteniendo el agua en permanente oxigenación, lo que favorece la eliminación de la materia orgánica a través de la acción de las bacterias aeróbicas. Dentro de este grupo se encuentran una gran variedad de tipologías como **Reactores de Lodos Secuenciales**, **Biorreactores de Membrana** o **Biodiscos**.

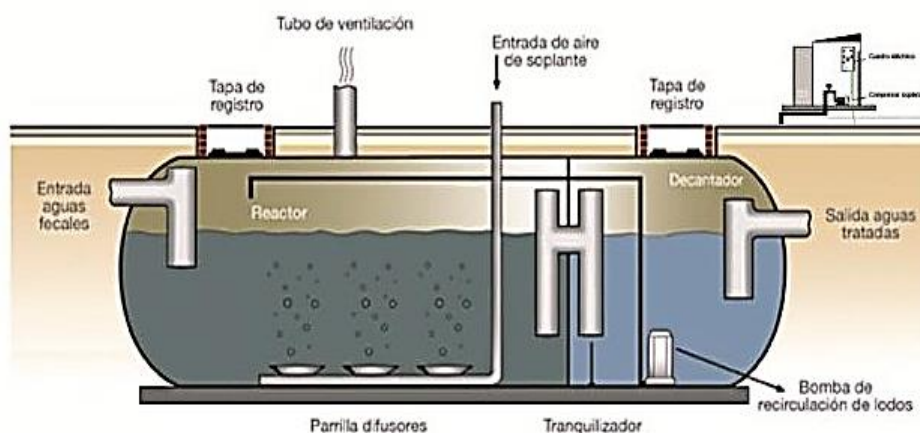


Ilustración 11: Depuradora de oxidación total. Fuente: DepósitosparaLíquidos

A continuación, se presentan más extensamente cada uno de los sistemas de tratamiento compactos, para su posterior comparación y elección del más adecuado para el proyecto.



5.2.1. Presentación de alternativas

1. Depuradora Biológica (Sistemas Biológicos Compactos)

Las depuradoras biológicas compactas utilizan procesos naturales, como microorganismos y plantas, para descomponer los contaminantes en un entorno controlado. Estos sistemas son diseñados para integrar componentes naturales y tecnológicos en un espacio reducido.

Componentes Principales:

1. **Reactor Biológico:** Donde se realiza la degradación de la materia orgánica por acción de microorganismos.
2. **Componentes Naturales:** Como plantas acuáticas, que ayudan en la absorción y tratamiento de los contaminantes.

Ventajas:

- Alta eficiencia en la eliminación de materia orgánica y sólidos suspendidos.
- Bajo costo operativo debido a los procesos naturales.
- Mantenimiento moderado, centrado en la salud de las plantas y microorganismos.
- Impacto ambiental positivo, con integración de procesos naturales.

Desventajas:

- Requiere más espacio comparado con algunos sistemas de oxidación total.
- Costo inicial puede ser elevado debido a la complejidad del diseño.
- Menor adaptabilidad en climas extremos o espacios muy reducidos.

2. Reactores de Lodos Secuenciales (SBR)

Los Sistemas de Reactores de Lodos Secuenciales (SBR) son un tipo de sistema de tratamiento de aguas residuales que opera en ciclos. A diferencia de los sistemas de flujo continuo, los SBR funcionan en fases secuenciales en un solo tanque. Cada ciclo incluye fases de llenado, aireación, sedimentación y vaciado, lo que permite realizar el tratamiento biológico y la separación de sólidos en el mismo reactor.

Fases del Ciclo:

1. **Llenado:** El tanque se llena con aguas residuales.
2. **Aireación:** Se introduce aire para promover la actividad microbiana y la degradación de materia orgánica.



3. **Sedimentación:** Se detiene la aireación para permitir que los sólidos sedimenten.
4. **Vaciado:** El efluente tratado se descarga.

Ventajas:

- Alta eficiencia en la eliminación de materia orgánica y nutrientes.
- Capacidad de manejar variaciones en la carga y el flujo.
- Menor espacio requerido comparado con otros sistemas tradicionales.

Desventajas:

- Requiere un control preciso del ciclo y personal capacitado.
- Moderado costo inicial y operativo debido a la tecnología de control.

3. Biorreactores de Membrana (MBR)

Los Biorreactores de Membrana (MBR) combinan procesos biológicos con la filtración mediante membranas. En estos sistemas, las aguas residuales se tratan biológicamente y luego pasan a través de membranas que retienen sólidos, microorganismos y algunos contaminantes disueltos, produciendo un efluente de muy alta calidad.

Componentes Principales:

1. **Tanque de Reactores Biológicos:** Donde se lleva a cabo la degradación de materia orgánica.
2. **Membranas Filtrantes:** Pueden ser de microfiltración o ultrafiltración, situadas dentro del tanque biológico o en un tanque separado.

Ventajas:

- Muy alta eficiencia en la eliminación de materia orgánica, sólidos suspendidos y patógenos.
- Producción de efluente de alta calidad, adecuado para reutilización.
- Espacio requerido muy compacto.

Desventajas:

- Alto costo inicial y operativo debido a la tecnología avanzada y el reemplazo de membranas.
- Requiere mantenimiento intensivo y personal especializado.

4. Biodiscos (RBC - Rotating Biological Contactors)

Los Biodiscos, o Rotating Biological Contactors (RBC), son sistemas de tratamiento biológico donde una serie de discos grandes y giratorios están parcialmente sumergidos en el agua residual. La rotación de los discos permite que se forme una biopelícula de



microorganismos que alterna su exposición al agua y al aire, facilitando el tratamiento biológico.

Componentes Principales:

1. **Discos Giratorios:** Grandes discos de plástico o materiales similares, montados en un eje horizontal.
2. **Tanque de Tratamiento:** Donde se coloca el agua residual y los discos giran lentamente.

Ventajas:

- Alta eficiencia en la eliminación de materia orgánica.
- Bajo consumo energético.
- Operación y mantenimiento relativamente simples.

Desventajas:

- Puede requerir más espacio que algunos otros sistemas compactos.
- Menos adaptable a grandes variaciones en la carga de contaminantes.
- Costo inicial moderado.

5. Aireación Prolongada

La Aireación Prolongada es una variante del sistema de lodos activados que opera con tiempos de retención hidráulica y tiempos de retención de sólidos más largos. Esto permite una mayor estabilización de los lodos y una reducción en la producción de lodo biológico.

Componentes Principales:

1. **Tanque de Aireación:** Donde se introduce aire para mantener los microorganismos activos.
2. **Sedimentador Secundario:** Donde se separan los sólidos biológicos del agua tratada.

Ventajas:

- Alta eficiencia en la eliminación de materia orgánica y nutrientes.
- Producción de lodo biológico reducida, disminuyendo los costos de manejo de lodos.
- Operación estable y simple.

Desventajas:

- Requiere más espacio debido a los largos tiempos de retención.
- Costos iniciales y operativos moderados a altos.
- Mantenimiento regular necesario.



5.2.2. Comparativa General

Tabla 5. Comparativa de los diferentes sistemas de tratamiento compactos. Fuente: Elaboración propia

CRITERIO	DEPURADORA BIOLÓGICA	SBR	MBR	BIODISCOS	AIREACIÓN PROLONGADA
<i>Eficiencia de tratamiento</i>	<i>Alta</i>	<i>Muy alta</i>	<i>Muy alta</i>	<i>Alta</i>	<i>Alta</i>
<i>Costo inicial</i>	<i>Moderado a alto</i>	<i>Moderado</i>	<i>Alto</i>	<i>Moderado</i>	<i>Moderado a alto</i>
<i>Costo operativo</i>	<i>Bajo</i>	<i>Moderado</i>	<i>Alto</i>	<i>Moderado</i>	<i>Moderado</i>
<i>Mantenimiento</i>	<i>Moderado</i>	<i>Moderado</i>	<i>Alto</i>	<i>Moderado</i>	<i>Moderado</i>
<i>Espacio requerido</i>	<i>Mayor</i>	<i>Compacto</i>	<i>Muy compacto</i>	<i>Moderado</i>	<i>Mayor</i>
<i>Impacto ambiental</i>	<i>Positivo</i>	<i>Neutral a positivo</i>	<i>Neutral a negativo</i>	<i>Neutral</i>	<i>Neutral</i>
<i>Complejidad técnica</i>	<i>Baja a moderada</i>	<i>Moderada a alta</i>	<i>Alta</i>	<i>Baja a moderada</i>	<i>Moderada</i>
<i>Producción de lodo</i>	<i>Baja</i>	<i>Moderada</i>	<i>Alta</i>	<i>Moderada</i>	<i>Baja</i>

Después de considerar todas las opciones disponibles, se ha tomado la decisión de implementar una depuradora de oxidación total. Esta elección se fundamenta en que su menor tamaño facilitará la instalación y permitirá un control más eficiente de las fluctuaciones en el caudal a lo largo del día. Además, ofrecerá una mayor facilidad para supervisar su funcionamiento.

Dentro de la gama de depuradoras de oxidación total, se ha optado por la **depuradora SBR**. Esta decisión se basa en que los sistemas SBR utilizan un solo depósito, lo que reduce significativamente la inversión necesaria y los costos de construcción asociados. Además, los sistemas SBR son fáciles de controlar y requieren un nivel de conocimiento técnico menor. Asimismo, demuestran una buena capacidad de adaptación ante las variaciones del caudal de entrada a lo largo del día.

La calidad de las aguas obtenidas a la salida del tratamiento estimada es:



Tabla 6. Calidad del agua de salida. Fuente: Aqualia

PARÁMETROS	VALORES
SS permeado [mg/L]	0,8
Turbidez permeado [UNT]	0,3
DBO5 permeado [mg/L]	7
Escherichia coli UFC/100ml (con cloración)	Ausencia
Nematodos intestinales [huevos/L]	Ausencia

5.2.3. Elección de equipo

Tras un exhaustivo proceso de selección, se ha decidido implementar el sistema BIOX, comercializado por la empresa *Depurpack SL*. Esta decisión se basa en la avanzada tecnología de tratamiento que ofrece el sistema, su eficiencia en la reutilización de aguas grises y su compatibilidad con los requisitos específicos del proyecto. Además, la reputación y experiencia de *Depurpack SL* en el sector de tratamiento de aguas han sido factores determinantes en la elección.

El **sistema BIOX** trata las aguas grises un proceso eficiente y seguro. Inicialmente, el agua pasa por una decantación para retener sólidos gruesos, luego se dirige a un reactor biológico SBR (Sequencing Batch Reactor) que opera con fangos activados en régimen de carga media. El efluente clarificado se bombea a un módulo de filtración y desinfección, donde se añade hipoclorito de sodio para eliminar patógenos.

El agua tratada se presuriza para la red secundaria, usándose en la descarga de inodoros, sistemas de riego y lavado de pavimentos. El sistema incluye el reactor biológico SBR y el módulo de control WATER SMART BOX, equipado con relojes programadores para gestionar los ciclos de tratamiento. Según el fabricante cuenta con las siguientes ventajas:

- **Fácil Instalación:** Requiere mínima intervención humana y es apto para instalación enterrada.
- **Mantenimiento Sencillo:** Funcionamiento automático que minimiza la intervención humana.
- **Costos Reducidos:** Bajos costos de inversión inicial y operación.
- **Diseño Moderno:** Equipamiento de vanguardia sin ruido, olores ni impacto visual.
- **Alta Seguridad:** Elevada seguridad funcional hidráulica y sanitaria.
- **Cumplimiento regulación:** el sistema cumple con todos los requisitos del Real Decreto 1620/2007, por el que se establece el régimen jurídico de reutilización de aguas depuradas.

El sistema BIOX proporciona una solución avanzada y práctica para la reutilización de aguas grises en viviendas unifamiliares.

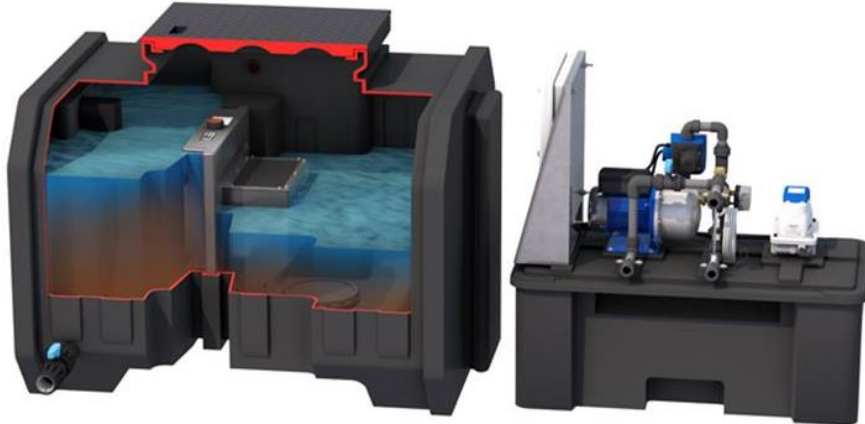


Ilustración 12: Depuradora SBR BIOX6. Fuente: DKDepurPack

Al igual que el depósito de aguas tratadas, el equipo se dispondrá enterrado para mantener un perfil estético bajo y poder utilizar el área sobre el tanque para otros fines.

Dado que el caudal de aguas grises generado es de **428 L/día**, será suficiente con el modelo **BIOX6** para caudales de 1325 L/día.

5.3. Depósito de almacenamiento

Como se ha comentado en el apartado 4.3, se utilizará el mismo depósito para verter tanto las aguas tratadas grises como pluviales.

6. Instalación de retorno

6.1. Sistema de bombeo

Dado que en este proyecto se necesita bombear y elevar el agua desde un depósito enterrado, se recomienda el uso de bombas sumergibles. Estas son especialmente adecuadas para aplicaciones donde el agua se encuentra a una profundidad considerable y necesita ser bombeada hacia la superficie. Algunas de sus ventajas son:

- **Diseño:** Estas bombas están diseñadas para operar bajo el agua, lo que las hace ideales para extraer agua de depósitos enterrados u otras fuentes subterráneas.
- **Eficiencia:** Al estar sumergidas directamente en el agua, las bombas sumergibles tienen una mayor eficiencia en comparación con las bombas superficiales, ya que no tienen que aspirar el agua a través de largas tuberías de succión.
- **Prevención de Cavitación:** Al estar sumergidas, las bombas sumergibles evitan la cavitación, un fenómeno que puede ocurrir en las bombas superficiales cuando hay una diferencia significativa entre la altura de succión y la altura de descarga.
- **Menor Riesgo de Daños:** Las bombas sumergibles están protegidas del entorno exterior, lo que reduce el riesgo de daños por condiciones climáticas adversas o vandalismo.
- **Variedad de Aplicaciones:** Son versátiles y se pueden utilizar en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo sistemas de agua potable, drenaje de aguas residuales, riego agrícola, entre otros.
- **Facilidad de Instalación:** Aunque la instalación inicial puede requerir cierto esfuerzo, una vez instaladas, las bombas sumergibles son relativamente fáciles de operar y mantener.

La bomba elegida, según el ANEXO II, es la **Bomba Sumergible Shurflo 9300 24V**, capaz de suministrar hasta 413 l/h para una altura de 12.2 metros:



Ilustración 13: Bomba Sumergible Shurflo. Fuente: AutoSolar.



7. Presupuesto

Resumen del Presupuesto

<i>Componente</i>	<i>Porcentaje (%)</i>	<i>Costo total (€)</i>
<i>Acciones Previas</i>	1	143,35
<i>Ejecución de Zanjas</i>	10	1.592
<i>Red de Saneamiento</i>	28	4.200
<i>Equipos de tratamiento</i>	37	5.635
<i>Equipo de Almacenamiento</i>	12	1.972,67
<i>Equipo de Bombeo</i>	6	911,88
<i>Estudio Seguridad y Salud</i>	2	308
<i>Gestión de Residuos</i>	2	308
<i>Control de Calidad</i>	2	308

Presupuesto de Ejecución Material (PEM) 15.378,9 €

- **Gastos Generales (13%):** 1.999 €
- **Beneficio Industrial (6%):** 922,8 €
- **IVA (21%):** 3.229,6 €

Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC) 21.530 €

El costo total estimado del proyecto incluyendo los gastos generales y el beneficio industrial es de **VEINTÚN MIL QUINIENTOS TREINTA euros**.



8. Análisis de resultados y conclusiones

Para los consumos de agua de cada dispositivo definidos en el ANEXO I, se calcula un consumo total de la vivienda de 394,110 L/año.

Con el caudal de recirculación de 256,870 L/año, calculado anteriormente, se ha observado una reducción notable del consumo de agua potable en un **65%** anual.

Este logro no solo representa ahorros **económicos** sustanciales al reducir los costos asociados con el suministro de agua, sino que también destaca por su impacto ambiental positivo. Al disminuir la demanda, se reduce la presión sobre los recursos naturales locales y se minimiza la **huella hídrica** de la vivienda. Esto es crucial en un contexto donde la gestión sostenible del agua es cada vez más relevante para la conservación de ecosistemas y la mitigación del cambio climático.

Además, la implementación de estas prácticas no solo beneficia al hogar individual, sino que también sirve como ejemplo inspirador para otras comunidades y hogares que buscan adoptar medidas similares. La replicación de sistemas de reciclaje y reutilización de aguas grises y pluviales puede tener un impacto multiplicador en la seguridad hídrica a nivel local y global, promoviendo un entorno más sostenible y resiliente.

Para **mejorar** aún más el porcentaje de ahorro de agua, se podrían considerar varias estrategias adicionales, especialmente para reducir el uso de agua potable en aspectos para el consumo directo, como en duchas, lavabos y para ingesta, mediante tecnologías avanzadas de filtración y purificación. Sin embargo, en este caso, no se ha optado por esta alternativa debido al mayor costo asociado con los tratamientos necesarios para garantizar la calidad del agua potable. En cambio, enfocarse en el uso de agua reciclada para aplicaciones como el riego, las cisternas y las lavadoras ofrece un balance efectivo entre ahorro y viabilidad económica.

En **conclusión**, este caso de estudio ilustra cómo medidas relativamente simples pueden generar impactos significativos en la sostenibilidad ambiental y en la reducción del consumo de recursos vitales como el agua, destacando la importancia de la innovación tecnológica y la responsabilidad individual en la gestión eficiente de recursos



9. Referencias

- [1].Fernández Chavarría, A. (2024). *Diseño y Cálculo de una Vivienda Unifamiliar Aislada Bajo el Estándar Passivhaus*. TFG Universidad de Oviedo.
- [2].Fernández Chavarría, A. (2024). *Diseño Energético de una vivienda Pasiva Unifamiliar Bajo Estándar Passivhaus y Abastecida con Energías Renovables*. TFG Universidad de Oviedo.
- [3].Bautista Acosta, E. F. (2020). *Diseño de la instalación de un módulo filtrante de aguas lluvias utilizando guadua, gravas, arenas y carbón activo en viviendas rurales de Cunday Tolima*. Tesis de pregrado, Universidad La Gran Colombia
- [4].Cedeño, A., & Álvarez, B. (2018). *Diseño de filtros Grava-Arena-Carbón para el tratamiento de aguas lluvias almacenadas en cisternas de viviendas unifamiliares en zonas rurales de Jipijapa*. Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- [5].Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. (2009). *Código Técnico de la Edificación: DB-SE-AE Documento Básico de Seguridad Estructural - Acciones en la Edificación*. Ministerio de Fomento.
- [6].Aqua España. (2016). *Guía técnica de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios*. Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas
- [7].Aqua España. (2016). *Guía técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios*. Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas



Universidad de
Oviedo



- [8]. Boletín Oficial del Estado. (2007). *Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.*



ANEXO I: CAUDALES



Índice De Contenido

1.	Caudal generado	41
1.1.	Aguas pluviales	41
1.2.	Aguas grises.....	42
1.3.	Aguas totales	43
2.	Caudal demandado	43

Índice De Tablas

Tabla 1.	Coeficientes de rendimiento. Fuente: UNE-EN 16941-1:2019.....	42
Tabla 2.	Consumos de dispositivos de aguas grises I. Fuente: Reutilización y aprovechamiento de aguas grises y pluviales en edificios.	43
Tabla 3.	Consumos de dispositivos de aguas grises II. Fuente: Reutilización y aprovechamiento de aguas grises y pluviales en edificios.	44



1. Caudal generado

1.1. Aguas pluviales

Las aguas pluviales, al ser una fuente adicional de agua, pueden influir significativamente en la capacidad requerida del sistema de tratamiento y en la gestión global del agua en una vivienda.

Para obtener datos precisos sobre las precipitaciones en la ubicación de la vivienda, es importante recurrir a los registros pluviométricos locales. Estos datos proporcionan información valiosa sobre la cantidad de lluvia que cae en promedio en la zona durante diferentes períodos del año.

En el caso específico del proyecto de la vivienda, se recopiló la información pluviométrica de Gijón, que proporciona la media anual característica de precipitaciones, igual a:

$$h=1059 \text{ mm}$$

El volumen disponible de agua de lluvia que puede generarse potencialmente para una frecuencia temporal en diferentes áreas se define mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{lluvia}} = \sum A_i \cdot h_i \cdot e_i \cdot n_i$$

Donde:

- **Yr:** producción de agua de lluvia por frecuencia temporal t, expresada en litros (l)
- **A:** proyección horizontal de la superficie de recogida, expresada en metros cuadrados (m²)
- **h:** precipitación total para la frecuencia temporal dada t, expresada en milímetros (mmo l/m²).
- **e:** coeficiente de rendimiento de la superficie-
- **n:** coeficiente de eficacia del tratamiento de hidráulico (0,9).



Tabla 1. Coeficientes de rendimiento. Fuente: UNE-EN 16941-1:2019

COMPOSICIÓN DE TEJADO O CUBIERTA	COEFICIENTE DE RENDIMIENTO (E)
<i>Cubierta inclinada de superficie suave</i>	0,9
<i>Cubierta inclinada de superficie rugosa</i>	0,8
<i>Cubierta plana sin grava</i>	0,8
<i>Cubierta plana con grava</i>	0,7
<i>Cubierta vegetal intensiva (jardín)</i>	0,3
<i>Cubierta vegetal extensiva</i>	0,5
<i>Áreas selladas (por ejemplo, asfalto)</i>	0,8
<i>Áreas no selladas (por ejemplo, adoquines)</i>	0,5

El coeficiente de eficacia del tratamiento hidráulico (n) se define como la proporción entre el caudal de agua de lluvia que ingresa al equipo (depósito de recogida) y el caudal de salida de agua después de que se hayan aplicado los tratamientos planificados dentro del equipo, si se implementa algún tipo de tratamiento. Esta relación tiene en cuenta la inevitable pérdida de caudal que ocurre entre estos dos puntos. Por lo general, se establece un valor de 0,9 para este coeficiente

Dado que se tienen varias superficies para la captación de agua de lluvia, para el caudal de pluviales se realizarán los cálculos correspondientes a cada tipo de “cubierta” por separado y posteriormente se sumarán.

$$Q_{\text{vegetal extensiva}} = 95 \cdot 1059 \cdot 0,9 \cdot 0,5 = 45270 \text{ L/año}$$

$$Q_{\text{plana grava I}} = 65 \cdot 1059 \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 43370 \text{ L/año}$$

$$Q_{\text{plana grava II}} = 18 \cdot 1059 \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 12010 \text{ L/año}$$

$$Q_{\text{lluvia}} = Q_{\text{vegetal extensiva}} + Q_{\text{plana grava I}} + Q_{\text{plana grava II}} = 45270 + 43370 + 12010 = 100650 \text{ L/año}$$

1.2. Aguas grises

Para realizar un análisis detallado de la contribución de aguas grises al sistema, se considerarán varios factores, incluyendo el número de residentes en la vivienda, la frecuencia de uso de duchas o bañeras por parte de cada residente y la cantidad de agua consumida en cada uso. Con esta información, se realizará un cálculo para determinar si las aguas grises generadas son suficientes para satisfacer las necesidades de la vivienda, como la recarga de cisternas y el riego de jardines.

Se identifican los siguientes dispositivos en la vivienda que generan aguas grises:



- Baño: duchas y lavabos.
- Cocina: lavavajillas, lavadoras y fregaderos.

El número de residentes de la vivienda para el que se calcularán los consumos de aquí en adelante será 4.

A continuación, en la Tabla 2, se llevará a cabo el cálculo de la cantidad de agua gris generada por cada uno de estos dispositivos:

Tabla 2. Consumos de dispositivos de aguas grises I. Fuente: Reutilización y aprovechamiento de aguas grises y pluviales en edificios.

DISPOSITIVOS	CONSUMO MEDIO DISPOSITIVO [L/hab/día]	CONSUMO ANUAL [L/año]
<i>Ducha</i>	<i>65</i>	<i>94900</i>
<i>Lavabo</i>	<i>10</i>	<i>14600</i>
<i>Lavavajillas</i>	<i>9</i>	<i>13140</i>
<i>Lavadora</i>	<i>13</i>	<i>18980</i>
<i>Fregadero</i>	<i>10</i>	<i>14600</i>

$$Q_{\text{gris}} = 94900 + 14600 + 13140 + 18980 + 14600 = 156220 \text{ L/año}$$

1.3. Aguas totales

Por lo tanto, el total de agua captada será la suma de las anteriormente calculadas:

$$Q_{\text{GENERADO}} = Q_{\text{grises}} + Q_{\text{lluvia}} = 156220 + 100650 = 256870 \text{ L/año}$$

2. Caudal demandado

Los usos para los que se va a destinar el agua tratada y sus correspondientes caudales son los mostrados en la Tabla 3.



Tabla 3. Consumos de dispositivos de aguas grises II. Fuente: Reutilización y aprovechamiento de aguas grises y pluviales en edificios.

DISPOSITIVOS	CONSUMO MEDIO DISPOSITIVO [L/hab/día]	CONSUMO ANUAL [L/año]
Cisternas	31,5	45990
Lavadora	13	18980
DISPOSITIVOS	CONSUMO MEDIO DISPOSITIVO [L/m²/día]	CONSUMO ANUAL [L/año]
Riego	4	191900

Como se ha comentado anteriormente, el número de residentes considerados en el cálculo es igual a 4.

Para el cálculo del agua demandado para riego, se utilizará todo el agua sobrante generado, lo que permite regar un área de 131,41 m².

$$Q_{\text{DEMANDADO}} = 45990 + 18980 + 191900 = 256870 \text{ L/año}$$



Universidad de
Oviedo



ANEXO II: DISEÑO RED DE SANEAMIENTO



Índice De Contenido

1.	Dimensionado red de evacuación	47
1.1.	Ramales individuales.....	48
1.2.	Botes sifónicos.....	49
1.3.	Ramales colectores	49
1.4.	Bajantes	50
1.5.	Colectores horizontales.....	50
2.	Dimensionado sistemas de bombeo y elevación	51
2.1.	Caudal de la bomba	51
2.2.	Presión manométrica	52
2.3.	Diámetro tuberías de impulsión.....	52
2.4.	Elección bomba	53

Índice De Tablas

Tabla 1. UDs correspondientes a los distintos aparatos sanitarios. Fuente: CTE/DB-HS-.5	48
Tabla 2. Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante. Fuente: CTE/DB-HS-.5	49
Tabla 3. Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número de UD. Fuente: CTE/DB-HS-.5	50
Tabla 4. Diámetro de los colectores horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada1. Fuente: CTE/DB-HS-.5	51
Tabla 5. Características de la bomba según fabricante. Fuente:AutoSolar	53



1. Dimensionado red de evacuación

Un sistema de saneamiento para una vivienda unifamiliar es esencial para la gestión y eliminación segura de aguas residuales. Este sistema se encarga de recoger, transportar, tratar y disponer adecuadamente de las aguas residuales generadas en la vivienda. A continuación, se describe un sistema típico de saneamiento para una vivienda unifamiliar:

1. **Ramales:** Conducen las aguas residuales de inodoros, lavabos, duchas, bañeras y otros aparatos sanitarios hasta la salida de la vivienda.
2. **Botes sinfónicos:** Recolectan y canalizan las aguas residuales de varios aparatos sanitarios, asegurando al mismo tiempo que no se produzcan malos olores en el interior de la vivienda.
3. **Bajantes:** Conductos verticales que transportan las aguas residuales desde los diferentes niveles de la vivienda hasta el colector principal. Su diseño debe prevenir fugas y minimizar ruidos.

4. Colectores:

Ramales colectores: Tuberías que conectan los diferentes desagües y bajantes con el colector principal.

Colectores horizontales: Tubería horizontal que recoge las aguas residuales de las bajantes y las transporta hacia la red de alcantarillado público o hacia la fosa séptica.

5. Tuberías de ventilación:

Ventilación primaria: Permite la salida de gases del sistema de saneamiento a la atmósfera, evitando presiones negativas en las tuberías que podrían succionar el agua de los sifones.

Ventilación secundaria: Complementa la ventilación primaria en sistemas más complejos o de mayor tamaño.

El sistema de saneamiento debe cumplir con las exigencias del Código Técnico de la Edificación (CTE), en particular con el Documento Básico HS "Salubridad".

Para las aguas grises, se debe establecer el número de Unidades de Desagüe (UD) para cada aparato conectado a la red y su correspondiente diámetro mínimo, dependiendo del uso (público o privado). Para realizar los cálculos de dimensionamiento, es necesario conocer una serie de parámetros específicos. En este caso, se consideran los siguientes:

- **Uso del edificio:** El uso del edificio está dedicado a vivienda, por lo que será considerado uso privado.



- **Pendiente de los colectores:** La pendiente de los colectores se ha estimado en un 2%.
- **Número de plantas:** La casa dispone de 3 plantas.

1.1. Ramales individuales

Para dimensionar adecuadamente las tuberías de aguas grises, se asignan Unidades de Desagüe (UD) a cada aparato sanitario, y se determinan los diámetros mínimos de las derivaciones. A continuación, se presenta la Tabla 1, con los valores típicos para una vivienda unifamiliar:

Tabla 1. UD's correspondientes a los distintos aparatos sanitarios. Fuente: CTE/DB-HS-.5

APARATO SANITARIO	UNIDADES DE DESAGÜE (UD)	DIÁMETRO MÍNIMO RAMALES (mm)
Lavabo	1	32
Fregadero	3	40
Ducha	2	40
Lavadora	3	40
Lavavajillas	3	40

La unidades y diámetros para cada bajante resultan los siguientes:

BAJANTE 1

Planta 3:

- **Baño:**
 - 1 lavabo: 1 UD Ø40 mm
 - 1 ducha: 2 UD Ø40 mm

Planta 2:

- **Baño 1:**
 - 1 lavabo: 1 UD Ø40 mm
 - 1 ducha: 2 UD Ø40 mm

Planta 1:

- **Cocina:**
 - 1 fregadero: 3 UD Ø40 mm
 - 1 lavadora: 3 UD Ø40 mm
 - 1 lavavajillas: 3 UD Ø40mm



BAJANTE 2

Planta 2:

- **Baño 2:**
 - 1 lavabo: 1 UD Ø40 mm
 - 1 ducha: 2 UD Ø40 mm

Planta 1:

- **Aseo:**
 - 1 lavabo: 1 UD Ø40 mm

1.2. Botes sifónicos

El diámetro de salida de los botes sifónicos se obtendrá a partir de las unidades de descarga y de la pendiente que tenga la tubería, aunque el diámetro más común para la salida de los colectores es de **50 mm** con una pendiente del 2%.

1.3. Ramales colectores

Las derivaciones o ramales colectores, como se ha explicado anteriormente, tienen la función de conectar los desagües de los distintos aparatos sanitarios con las bajantes. El diámetro de estas tuberías horizontales dependerá del número y tipo de aparatos sanitarios que se conecten a ellas, como se puede ver en la Tabla 2.

Con una pendiente del 2%, se garantiza que las aguas residuales fluyan adecuadamente por gravedad sin estancamientos.

Tabla 2. Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante. Fuente: CTE/DB-HS-.5

MÁXIMO NÚMERO DE UD			DIÁMETRO (mm)
PENDIENTE			
1%	2%	3%	
-	1	1	
-	2	3	32
-	6	8	40
-	11	14	50
-	21	28	63
47	60	75	75
			90



Para optimizar el diseño y la construcción, así como para abaratar costes, se utilizarán los mismos diámetros de tubería para todos los ramales, correspondiendo con aquel que recoge mayor número de unidades.

Por lo tanto, el diámetro de los ramales colectores será de **75 mm**.

1.4. Bajantes

El diámetro de las bajantes se determina, como se puede ver en la Tabla 3, considerando el mayor de los valores obtenidos entre el máximo número de Unidades de Desagüe (UD) en la bajante y el máximo número de UD en cada ramal que conecta con la bajante, en función del número de plantas.

Tabla 3. Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número de UD. Fuente: CTE/DB-HS-.5

MÁXIMO NÚMERO DE UD, PARA UNA ALTURA DE BAJANTE DE:		MÁXIMO NÚMERO DE UD, EN CADA RAMAL PARA UNA ALTURA DE BAJANTE DE:		DIÁMETRO (mm)
Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	
10	25	6	6	50
19	38	11	9	63
27	53	21	13	75
135	280	70	53	90
360	740	181	134	110
540	1100	280	200	125

En este caso, se estable un diámetro de bajantes de **110 mm** dado que siempre debe ser mayor que el de los tramos situados aguas arriba y utilizando así el mismo que para las bajantes que acometen inodoros.

1.5. Colectores horizontales

En este apartado se dimensionarán los colectores horizontales enterrados solo de aguas residuales para un sistema separativo, en función del máximo número de UD y de la pendiente, según la Tabla 4.



Tabla 4. Diámetro de los colectores horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada1. Fuente: CTE/DB-HS-.5

MÁXIMO NÚMERO DE UD			DIÁMETRO (mm)
PENDIENTE			
1%	2%	4%	
-	20	25	50
-	24	29	63
-	38	57	75
96	130	160	90
264	321	382	110
390	480	580	125

El diámetro escogido será de **125 mm** puesto que es el mínimo recomendado para una red de colectores enterrados.

2. Dimensionado sistemas de bombeo y elevación

2.1. Caudal de la bomba

Para calcular el caudal de una bomba, se deben tener en cuenta varios factores relacionados con la aplicación específica y las características del sistema. El caudal (Q) es la cantidad de líquido que la bomba puede mover por unidad de tiempo, generalmente medido en litros por segundo (l/s), metros cúbicos por hora (m³/h). A continuación, se detallan los pasos básicos y las consideraciones para calcular el caudal de una bomba:

Según los valores de consumo de cada aparato sanitario estimado en la Tabla x, tenemos un total de caudal diario para cisternas, lavadoras y riego de:

Total diario cisternas: 4 personas x 31,5 litros/persona = 126 litros/día

Total diario riego: 131.44 m² x 4 litros/m² = 525,76 litros/día

Total diario lavadoras: 2 usos x 45,5 litros/uso ÷ 7 días = 13 litros/día

Total diario: 126 litros + 525,76 litros + 13 litros ≈ 664,76 litros/día



Suponiendo que la bomba opere durante 2 horas diarias para cubrir todas las necesidades, el caudal necesario será:

$$\text{Caudal necesario: } \frac{673,19 \text{ litros/día}}{2 \text{ horas}} = 336,60 \text{ litros/hora} \approx \mathbf{0,0923 \text{ l/s}}$$

2.2. Presión manométrica

La presión manométrica de la bomba debe obtenerse como resultado de sumar la altura geométrica entre el punto más alto al que la bomba debe elevar las aguas y el nivel mínimo de las mismas en el depósito, en el caso de bombas sumergibles esta altura es igual a cero, y la pérdida de presión producida a lo largo de la tubería, desde la boca de la bomba hasta el punto más elevado.

La expresión que resume el concepto es:

$$H_{MT} = H_{TA} + H_{TI} + A_t$$

Donde:

- **H_{MT}**: Altura manométrica total (m.c.a o su valor eq. En bar o Kpa)
- **H_{TA}**: Altura total de aspiración (m.c.a o su valor eq. En bar o Kpa)
- **H_{TI}**: Altura total de impulsión (m.c.a o su valor eq. En bar o Kpa)
- **A_t**: Pérdida de carga total en el tramo

La H_{MT}, en este caso, es igual el total de aspiración, que es **9 metros**, dado que el nivel mínimo de las aguas en el depósito, en el caso de bombas sumergibles es igual a cero.

2.3. Diámetro tuberías de impulsión

Usamos la fórmula de continuidad del flujo para relacionar el caudal con el área de la sección transversal de la tubería y la velocidad del flujo:

$$Q = A \cdot v$$

Donde:

- **Q**: es el caudal (m³/s)
- **A**: es el área de la sección transversal de la tubería (m²)



- **v:** es la velocidad del flujo (m/s)

La velocidad mínima será de 0,6m/s, y la máxima de 2,5m/s, por lo que se escogerá el valor intermedio de 1,5 m/s.

$$A = \frac{0,0000923 \text{ m}^3/\text{s}}{1,5 \text{ m/s}} = 0,00006153 \text{ m}^2$$

El área de la sección transversal de la tubería es un círculo, por lo que usamos la fórmula del área de un círculo para encontrar el diámetro:

$$A = \pi \times \left(\frac{d}{4}\right)^2$$

Reorganizamos la fórmula para resolver el diámetro:

$$d = 2 \times \sqrt{\frac{0,00006153 \text{ m}^2}{\pi}} = 0.00885 \text{ m} \approx \mathbf{8,85 \text{ mm}}$$

El diámetro comercial más cercano a 8.85 mm sería una tubería de **10 mm**.

2.4. Elección bomba

La bomba seleccionada debe manejar un caudal de **0.0923 l/s** a una H_{MT} de **9 metros**, con un diámetro de tubería de **10 mm**.

Para estas características, la bomba más idónea resulta la **Bomba Sumergible 9300 24V** del fabricante **Shurflo**, capaz de suministrar hasta 413 l/h para una altura de 12.2 metros.

Tabla 5. Características de la bomba según fabricante. Fuente: AutoSolar

METROS DE PROFUNDIDAD	LITROS POR HORA	POTENCIA USADA PANEL SOLAR	AMPERIOS EN USO
6,1	420	52	1,7
12,2	413	65	2,0
18,3	398	78	2,3
24,4	390	89	2,6
30,5	379	99	2,9
36,6	360	104	3,2
42,7	352	115	3,5



ANEXO III: PLANOS



Índice De Planos

Plano 1: *Distribución planta baja de la vivienda*

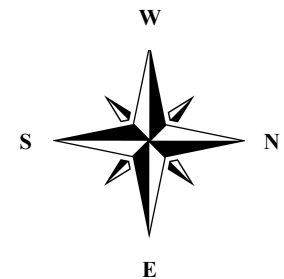
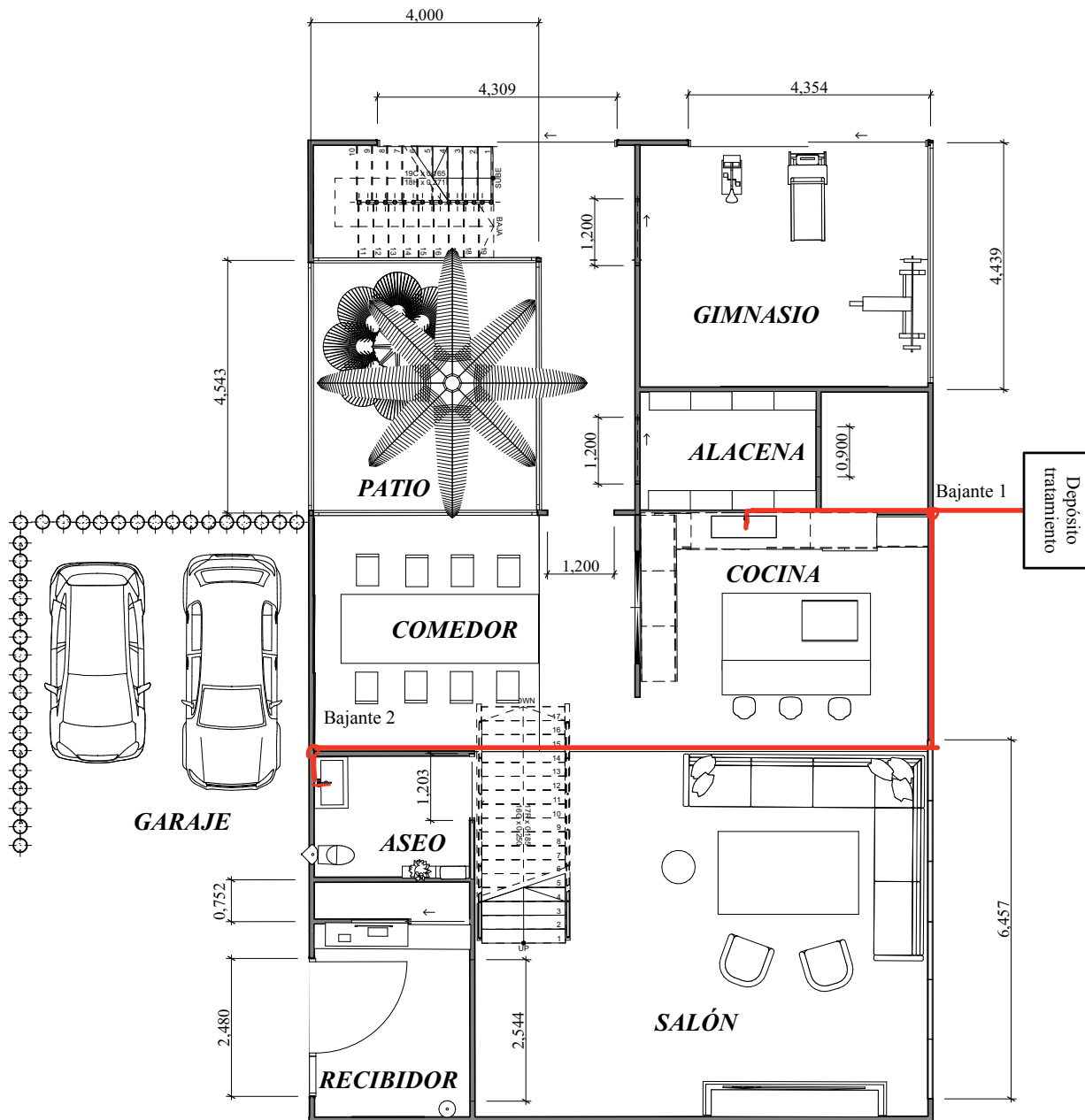
Plano 2: *Distribución primera planta de la vivienda*

Plano 3: *Distribución ático de la vivienda*

Plano 4: *Alzado sur de la vivienda*

Plano 5: *Alzado oeste de la vivienda*

Plano 6: *Alzado norte de la vivienda*



Proyecto:

Saneamiento de una Vivienda
Unifamiliar con Captación de Aguas
Pluviales y Reciclaje de Aguas
Empleando Sistema Separativo

Plano:

Distribución planta baja de la vivienda

Autor:

Andrea Fernández Chavarría

Escala:

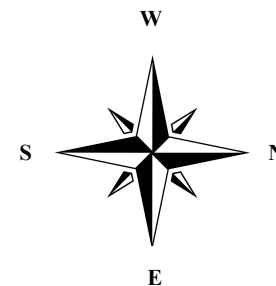
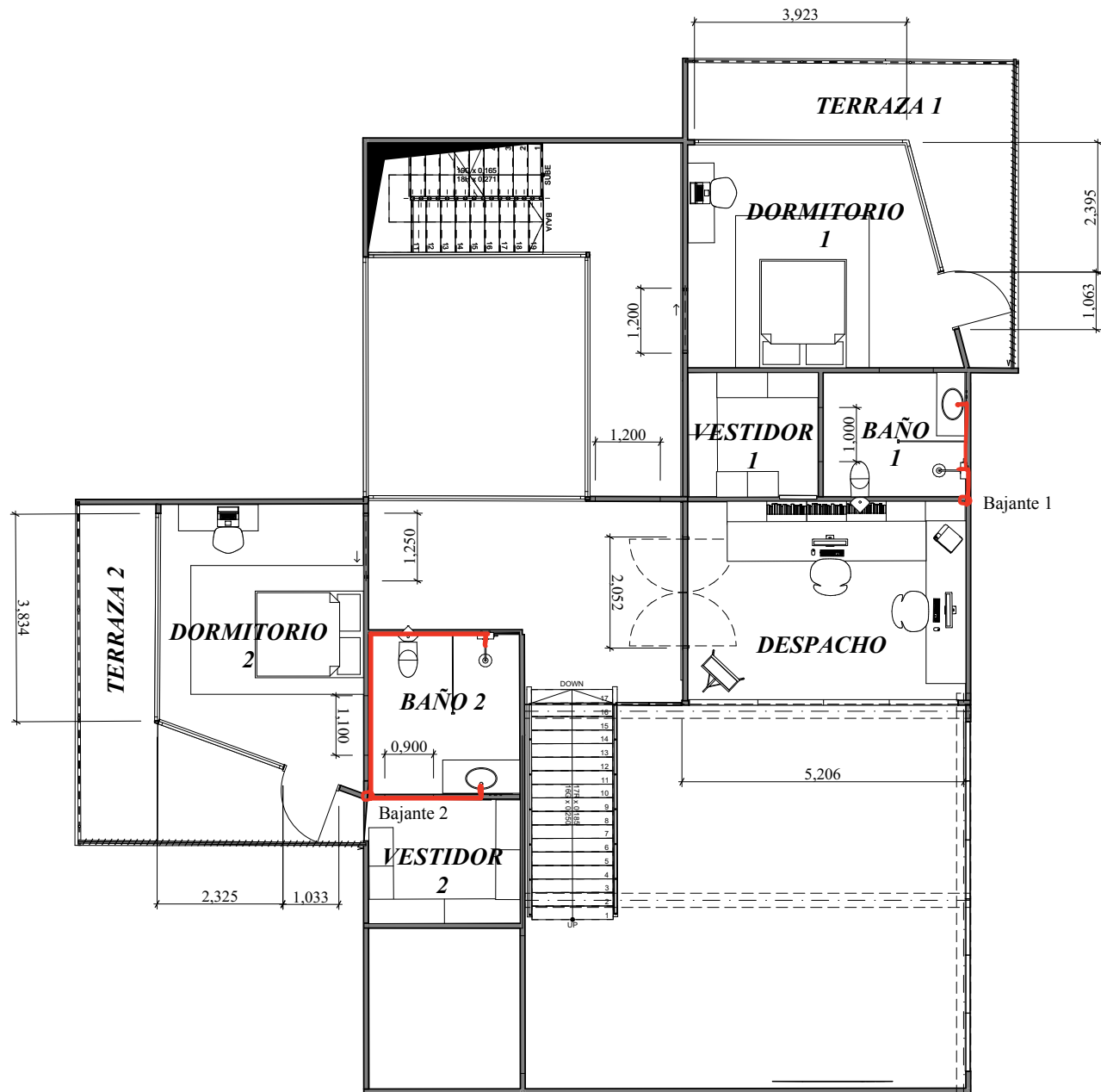
1:80

Fecha:

29/06/2024

Nº:

01 /06



Proyecto:

Saneamiento de una Vivienda
Unifamiliar con Captación de Aguas
Pluviales y Reciclaje de Aguas
Empleando Sistema Separativo

Plano:

Distribución primera planta de la vivienda

Autor:

Andrea Fernández Chavarría

Escala:

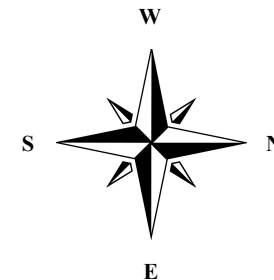
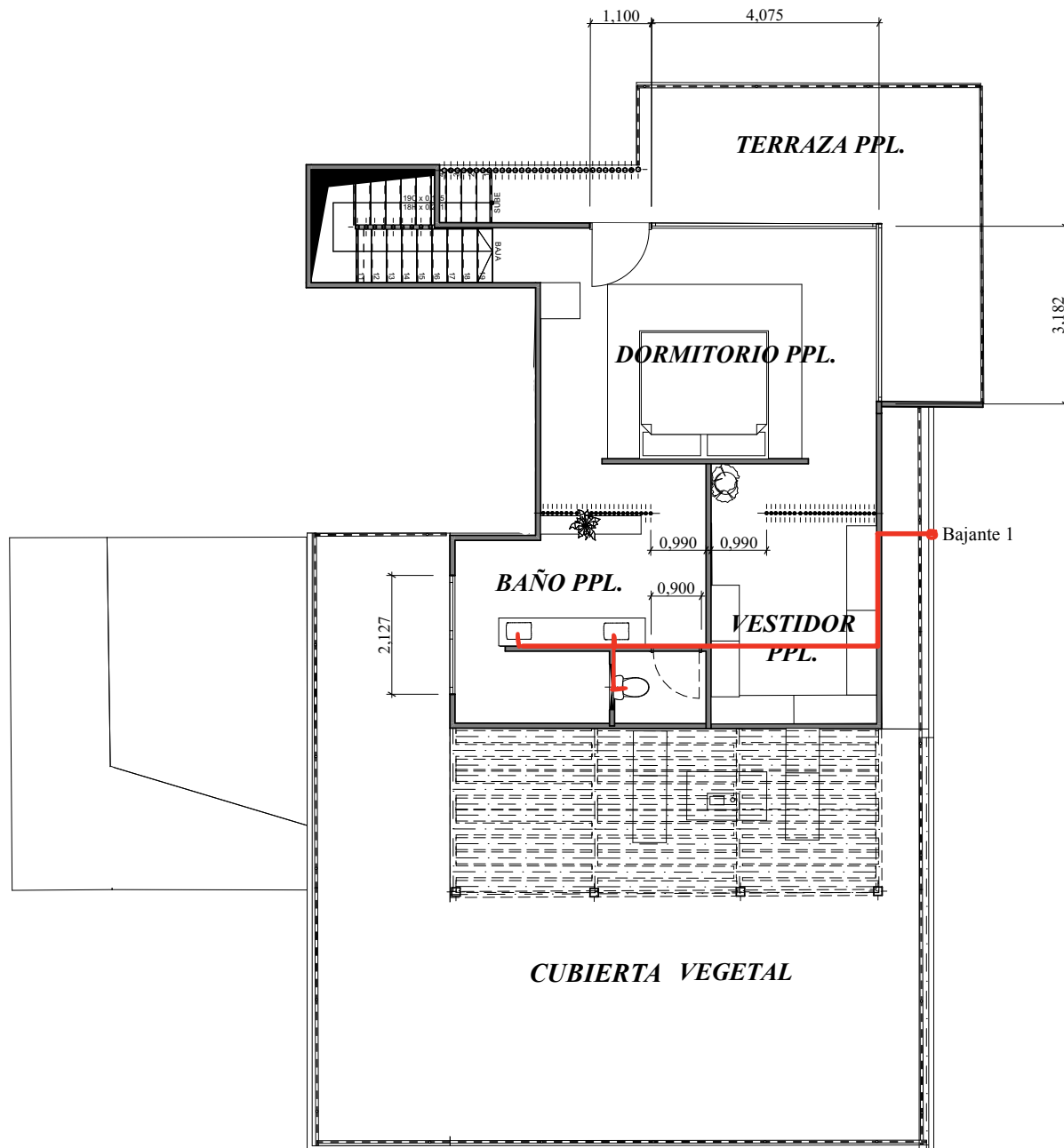
1:80

Fecha:

29/06/2024

Nº:

02 /06



Proyecto:

Saneamiento de una Vivienda
Unifamiliar con Captación de Aguas
Pluviales y Reciclaje de Aguas
Empleando Sistema Separativo

Plano:

Distribución planta ático de la vivienda

Autor:

Andrea Fernández Chavarría

Escala:

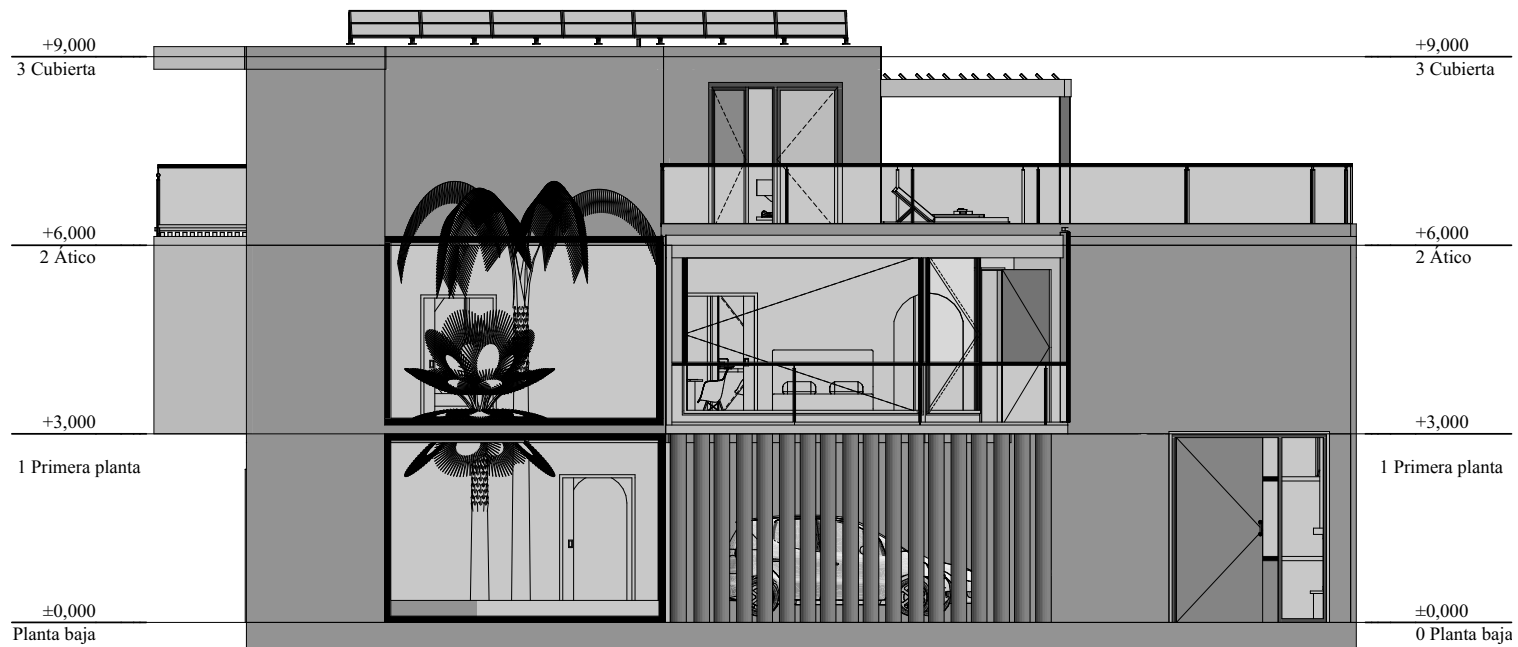
1:80

Fecha:

29/06/2024

Nº:

03 /06



Proyecto:

Saneamiento de una Vivienda
Unifamiliar con Captación de Aguas
Pluviales y Reciclaje de Aguas
Empleando Sistema Separativo

Plano:

Alzado sur de la vivienda

Autor:

Andrea Fernández Chavarría

Escala:

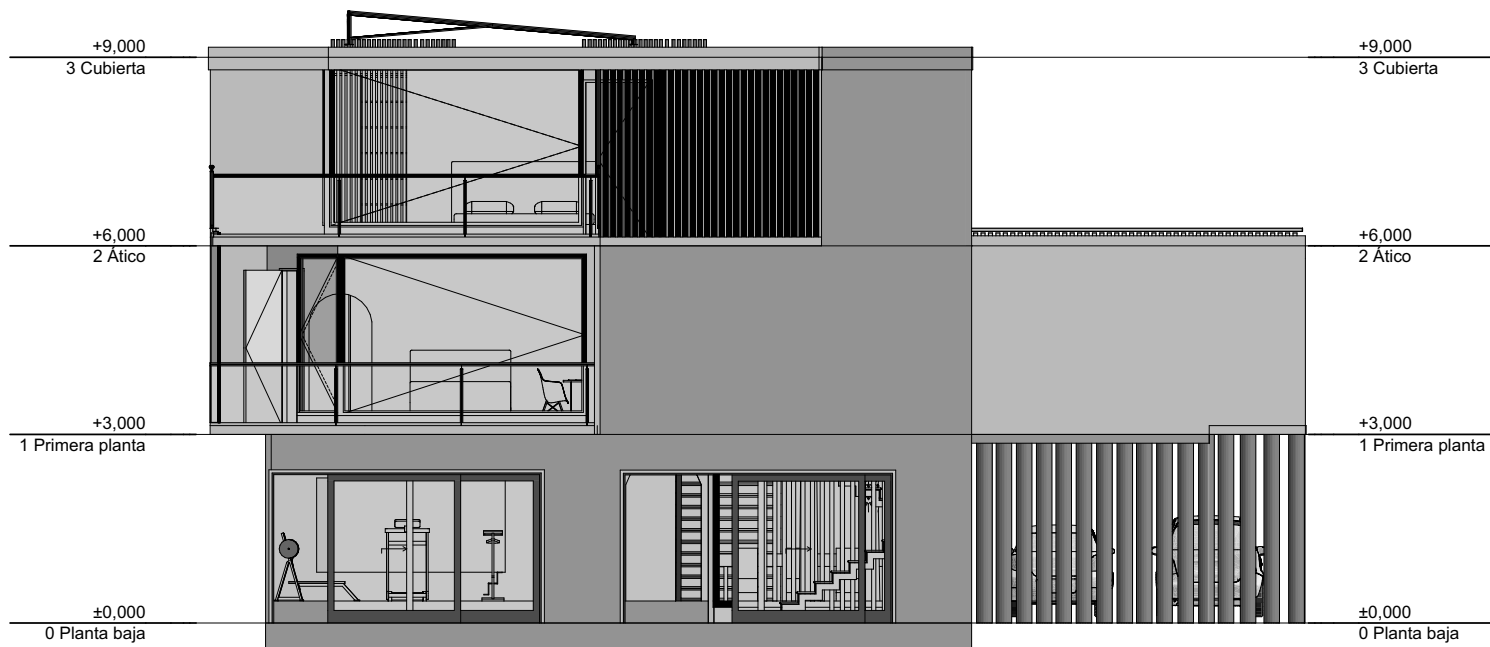
1:80

Fecha:

29/06/2024

Nº:

04 /06



Proyecto:

Saneamiento de una Vivienda
Unifamiliar con Captación de Aguas
Pluviales y Reciclaje de Aguas
Empleando Sistema Separativo

Plano:

Alzado oeste de la vivienda

Autor:

Andrea Fernández Chavarría

Escala:

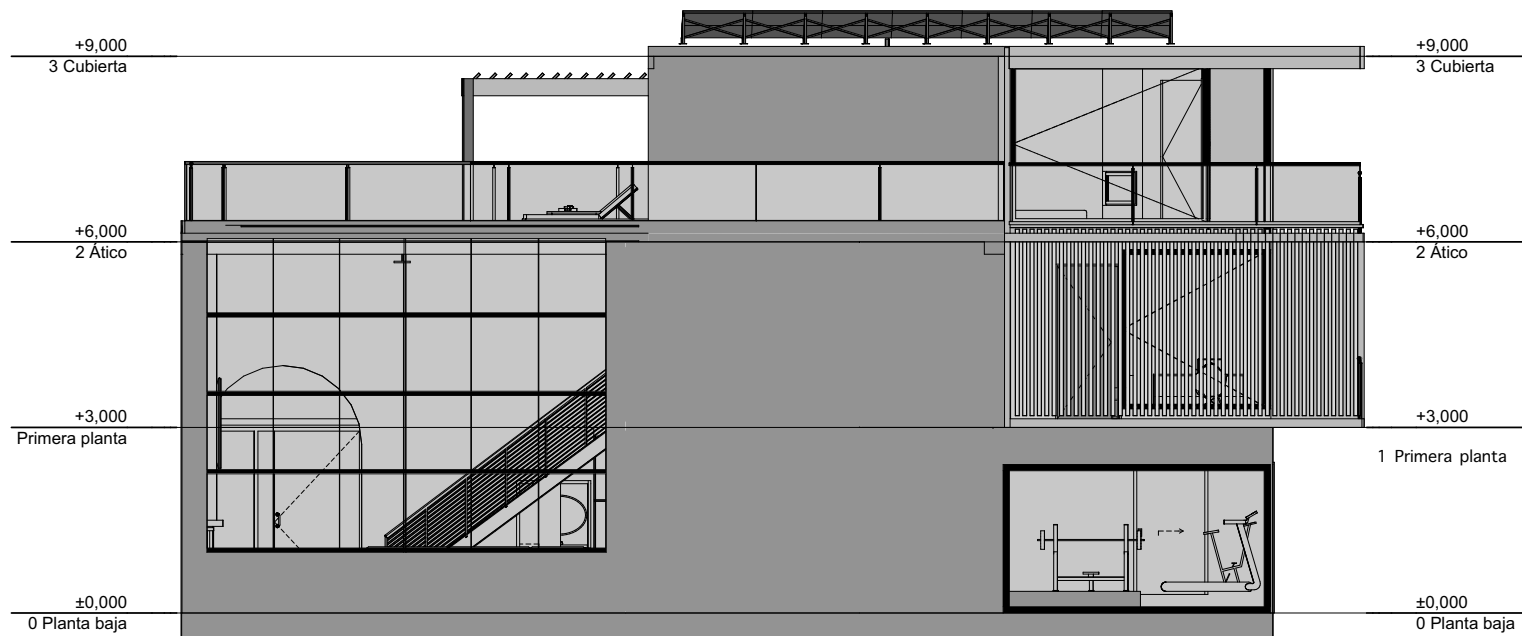
1:80

Fecha:

29/06/2024

Nº:

05 /06



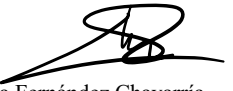
Proyecto:

Saneamiento de una Vivienda
Unifamiliar con Captación de Aguas
Pluviales y Reciclaje de Aguas
Empleando Sistema Separativo

Plano:

Alzado norte de la vivienda

Autor:


Andrea Fernández Chavarría

Escala:

1:80

Fecha:

29/06/2024

Nº:

06 /06