

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUAS  
PLUVIALES PARA CONSUMO  
DOMÉSTICO***

**Alumna:** Fulgencio Medrano, Nerea

**Director:** Arriaga Bayo, Pedro

**Curso:** 2019-2020

**Fecha:** Bilbao, marzo 2020

## **1. RESUMEN TRILINGÜE**

### **1.1 Resumen**

Este trabajo se ha realizado teniendo como fin principal la demostración de los conocimientos y competencias adquiridos a lo largo del Grado de Ingeniería Mecánica.

La propuesta inicial de este trabajo es la implantación de una técnica alternativa para reducir la demanda de agua potable, es decir, la aplicación de un sistema de almacenamiento y aprovechamiento de aguas pluviales en una vivienda unifamiliar en la provincia de Bizkaia. El sistema, de fácil implantación y mantenimiento, permite sustituir el uso de agua potable por agua pluvial, previamente filtrada, para determinadas aplicaciones domésticas que no requieren gran calidad. El agua de lluvia que se recolecta y almacena adecuadamente puede ofrecer una fuente de agua sostenible ideal para usar dentro y fuera del hogar.

### **1.2 Abstract**

This project has been developed with the principal objective of demonstrating the knowledge and competences acquired during the Mechanical Engineering Degree.

The initial proposal of this work is a technique to reduce the demand of potable water, the application of a rainwater-harvesting system in a single-family house in the province of Vizcaya. The system implemented allows the replacement of the use of potable water with previously filtered rainwater for certain domestic applications that do not require high quality. Rainwater that is collected and stored properly can provide a sustainable source of water ideal for using inside and outside home.

### **1.3 Laburpena**

Lan honen helburua Ingeniaritza Mekanikoko Graduan zehar eskuratutako ezagutza eta kompetentziak erakustea da.

Proposamena edateko uraren eskaria murrizteko teknika alternatibo bat ezartzean datza, hau da, Bizkaiko probintzian familia bakarreko etxebizitza batean euri-urak biltegitratzeko eta aprobetxatzeko sistema bat aplikatzean. Erraz ezarri eta mantentzekoa den sistema honek ur edangarriaren kontsumoa murriztu nahi du. Bere ordez, alde zuzenetik filtratutako euri-ura erabiliko du kalitate handirik eskatzen ez duten etxeko zenbait erabileratarako. Modu egokian bildu eta gordetako euri-ura etxean eta etxetik kanpo erabili ahal izango da zeregin jakin batzuetarako.

## 2. ÍNDICE

1.	RESUMEN TRILINGÜE .....	2
1.1	Resumen.....	2
1.2	Abstract.....	2
1.3	Laburpena .....	2
2.	ÍNDICE.....	3
3.	LISTA DE TABLAS.....	6
4.	LISTA DE ILUSTRACIONES .....	7
5.	LISTA DE ACRÓNIMOS .....	8
6.	INTRODUCCIÓN .....	9
7.	CONTEXTO.....	10
7.1	Antecedentes.....	10
7.2	Datos de la vivienda.....	11
7.3	Factura del agua.....	12
7.3.1	Servicio de abastecimiento de agua. ....	12
7.3.2	Servicio de saneamiento.....	13
7.3.3	Cuota de conservación del contador. ....	14
7.3.4	Cuota de recogida de residuos sólidos urbanos. ....	14
7.3.5	Cánones autonómicos. ....	14
7.3.6	IVA.....	14
7.3.7	Bonificaciones y descuentos.....	14
7.4	Precio del agua. ....	15
8.	OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO .....	16
8.1	Justificación. ....	16
8.2	Objetivos. ....	16
8.3	Alcance.....	17
9.	BENEFICIOS DEL PROYECTO.....	18
9.1	Introducción.....	18
9.2	Beneficios.....	18

9.2.1 Beneficios ambientales.....	19
9.2.2 Beneficios ecológicos.....	19
9.2.3 Beneficios económicos.....	20
10. DIAGRAMA GANTT .....	21
11. SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN .....	22
11.1 Problema con el agua.....	22
11.2 Usos del agua pluvial.....	23
11.3 Climatología .....	24
11.3.1 Datos pluviométricos.....	24
11.4 Bases del diseño.....	26
11.5 Componentes.....	26
11.6 Consideraciones de diseño de la superficie de captación.....	26
11.7 Consideraciones de diseño de la canalización .....	28
11.8 Consideraciones de diseño del filtro.....	28
11.9 Consideraciones de diseño del depósito .....	29
11.9.1 Demanda.....	29
11.9.2 Oferta.....	31
11.8.3 Criterio de descarte.....	31
11.8.4 Medida del depósito.....	32
11.9 Consideraciones de diseño del sistema de tuberías interior .....	33
11.10 Consideraciones de diseño del conmutador.....	34
11.11 Estudio de acumulación de agua.....	35
12. METODOLOGÍA .....	37
12.1 Esquema de la instalación.....	37
13. PRESUPUESTO .....	38
13.1 Introducción.....	38
13.2 Materiales.....	38
13.3 Recursos Humanos.....	38
13.4 Presupuesto final .....	39
14. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD .....	40



14.1 Introducción.....	40
14.2 Rentabilidad sostenible .....	40
14.3 Rentabilidad económica.....	40
15. CONCLUSIONES .....	43
16. FUENTES DE INFORMACIÓN .....	44
17. ANEXO I Planos de los componentes. ....	47

### 3. LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cuota en función del calibre del contador. ....	13
Tabla 2. Precio m <sup>3</sup> del agua.....	13
Tabla 3. Factor de escorrentía. ....	27
Tabla 4. Consumo de agua.....	30
Tabla 5. Acumulación de agua pluvial.....	35
Tabla 6. Presupuesto componentes. ....	38
Tabla 7. Presupuesto mano de obra.....	39

#### **4. LISTA DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1. Palacio sumergido Estambul. ....	10
Ilustración 2. Acueducto de Segovia. ....	11
Ilustración 3. Vista aérea de la vivienda. ....	12
Ilustración 4. Composición de la factura del agua. ....	15
Ilustración 5. Diagrama Gantt. ....	21
Ilustración 6. Cuencas hidrológicas. ....	23
Ilustración 7. Datos pluviométricos 2018. ....	25
Ilustración 8. Precipitación media anual. Fuente IGN. ....	25
Ilustración 9. Superficie de captación. ....	27
Ilustración 10. Sistema de canalización. ....	28
Ilustración 11. Filtro separador de hojas. ....	29
Ilustración 12. Porcentajes del consumo diario de agua. ....	30
Ilustración 13. Depósito Carat XL. ....	33
Ilustración 14. Unidad de conmutación de aguas pluviales. (Fuente: Ostargi) ....	34
Ilustración 15. Abastecimiento de agua pluvial. ....	36
Ilustración 16. Esquema de la instalación. ....	37
Ilustración 17. Coste unitario del suministro de agua. ....	41
Ilustración 18. Amortización del sistema. ....	42

## 5. LISTA DE ACRÓNIMOS

AEAS– Asociación Española de Abastecimientos de Aguas y Saneamiento.

AEMET – Agencia Estatal de Meteorología.

CABB – Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia.

CAPV – Comunidad Autónoma del País Vasco.

EDAR – Estación Depuradora de Aguas Residuales.

ETAP – Estación de Tratamiento de Agua Potable.

IGN – Instituto Geográfico Nacional.

INM – Instituto Nacional de Meteorología.

OMS – Organización Mundial de la Salud.

SCALL – Sistema de Captación de Agua de Lluvia.

SCAPT – Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos.

UNESCO – Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

A = Área de la tubería (m<sup>2</sup>)

D = Demanda de agua no potable (l/año)

Dwc = Demanda de agua de inodoro (l)

DLv = Demanda de agua de la lavadora (l)

DL = Demanda de agua para limpieza (l)

DR = Demanda de agua para regadío (l)

F = Factor de aprovechamiento

O = Oferta (litros/año)

PA = Pluviometría anual (mm)

R = Período de retorno (días)

S = Área de la superficie de captación (m<sup>2</sup>)

V = Velocidad (m/s)

Vd = Volumen del depósito elegido (l)

Vmin = Volumen mínimo del depósito (l)

$\phi$  = Diámetro de la tubería (mm)

## 6. INTRODUCCIÓN

El fenómeno meteorológico más común es la lluvia, depende del clima y de efectos naturales que suceden de manera frecuente en el medio ambiente. La caída de agua en forma de gotas tiene diversas y muy importantes aplicaciones para el ser humano. La lluvia es esencial para la calidad de la vida de los seres vivos y su ausencia puede ser devastadora ya que el ciclo hidrológico se interrumpiría. Por consiguiente, el agua se presenta como un esencial para la vida y cuya escasez afecta negativamente en las posibilidades de progreso económico y bienestar.

En el País Vasco, las precipitaciones y la nieve promueven el crecimiento de los ríos y pantanos. La lluvia alimenta los recursos hídricos, e incluso se filtra a través de la tierra y las rocas permeables hasta alcanzar los acuíferos. Este territorio se caracteriza por la elevada pluviosidad y la fuerte intensidad de las precipitaciones que a su vez viene definida por la cuantía de las lluvias y también por su extensa duración.

La industrialización ha dado lugar a un gran desarrollo, una mejora en la productividad y el avance de la tecnología, pero acompañados de estos progresos han surgido accidentes que han supuesto la contaminación de los recursos naturales atmosféricos, terrestres y acuáticos. El cambio climático en la actualidad se ha convertido en el gran desafío ambiental al que nos enfrentamos. Este proceso se ve traducido en un aumento de las temperaturas medias terrestres al mismo tiempo que se agudizan los problemas de escasez de agua en muchas regiones. Este problema ha derivado en un crecimiento de la preocupación por el impacto de las actividades humanas en el medio ambiente. La concienciación en torno a los problemas ambientales hace que se planteen diferentes propuestas para aprovechar este recurso natural tan necesario y reducir los efectos de la contaminación. Una de las soluciones factibles orientadas a obtener agua para el consumo humano es un método de aprovechamiento de aguas pluviales para uso doméstico y de esta forma ser capaces de reducir el gasto de agua potable. Este método a pesar de ser utilizado a lo largo de la historia no tiene una amplia aplicación en la actualidad.

A partir de ahora se entenderá por un sistema de captación de agua de lluvia (SCALL) como cualquier tipo de técnica que sea capaz de recolectar y después de un proceso de filtración donde se retienen las impurezas almacenar las precipitaciones en depósitos. La viabilidad técnica y la rentabilidad económica del proyecto dependen de la pluviosidad de la zona de captación y del uso que se le dé para diferentes actividades en el hogar.

A la hora de analizar la viabilidad del proyecto se valorarán no solo los aspectos económicos de la implantación del sistema, reflejados en la factura, sino que se tendrán en cuenta positivamente los criterios de sostenibilidad y la gestión eficaz de los recursos naturales.

## 7. CONTEXTO

### 7.1 Antecedentes.

El ser humano depende de los recursos naturales para sobrevivir ya que el agua es fundamental para todas las formas de vida. A pesar de que el volumen de agua en el planeta Tierra sea aproximadamente 1.286 millones de kilómetros cúbicos, según la UNESCO, se estima que tan solo el 3% se trata de agua dulce. La mayor parte de esta agua se puede encontrar en los casquetes polares o embalses subterráneos. Estas fuentes de agua dulce tales como arroyos, ríos, lagos, pozos o agua subterránea son las que proporcionan a las personas la mayor parte del agua que los seres vivos necesitan para vivir día a día. Sin embargo, el agua es uno de los recursos que más se ha visto afectado por la actividad humana.

En la actualidad, existen numerosos sistemas para el aprovechamiento de recursos naturales como el viento, la radiación solar, las mareas, la energía hidráulica o la energía geotérmica. A lo largo de la historia diferentes civilizaciones han ideado sistemas de recogida de aguas pluviales para emplearla según fuera necesario en las distintas actividades: el Templo Depósito de la ciudad de Tikal realizado por los mayas, los canales y lagunas egipcias durante las crecidas del río Nilo para desarrollar la agricultura, los acueductos y baños públicos romanos, los aljibes árabes o el Palacio Sumergido de Estambul. Sin embargo, la captación de agua de lluvia perdió su importancia a partir del rápido crecimiento de las ciudades ya que la industrialización y los avances tecnológicos permitieron introducir el agua en las viviendas y espacios públicos por medio de tuberías y un complejo sistema de abastecimiento.



*Ilustración 1. Palacio sumergido Estambul.*



*Ilustración 2. Acueducto de Segovia.*

Con el paso del tiempo estos métodos de captación y almacenaje de agua se han ido perfeccionando; hay muchos países, a nivel europeo y mundial, que disponen de normativas y legislaciones propias que hacen referencia a la recogida y aprovechamiento de las aguas pluviales [6]. En España normalmente el agua de lluvia no es ni recolectada, ni aprovechada, sino que pasa directamente al alcantarillado y se junta con las aguas residuales en las redes municipales de saneamiento para su posterior tratamiento en las EDAR. Los sistemas de recolección de agua de lluvia aún no son comunes por dos razones principales; el alto coste de los sistemas comparado con el bajo coste del agua y la preocupación de que la calidad del agua pueda representar un riesgo para la salud. El agua de lluvia constituye una fuente alternativa que fomenta el uso de los recursos naturales y contribuye al ahorro económico, además, podría ser un recurso que garantizara, junto con otras estrategias, la llamada seguridad hídrica. Los sistemas domésticos de aprovechamiento de agua de lluvia pueden ser una opción factible al suministro desde las redes generales de distribución de agua. Se considera un medio eficaz para capturar y poder beneficiarse de este recurso natural. Se trata de un sistema real que se puede implantar en la vivienda y favorecer la explotación racional los recursos naturales para conseguir un desarrollo sostenible.

## **7.2 Datos de la vivienda.**

Dentro del marco europeo la vivienda unifamiliar se ubica en la CAPV, en la zona residencial de Laukariz (Munguía) a 14km. de la ciudad de Bilbao. La superficie total que abarca la parcela es de 2.212 m<sup>2</sup> de los que 1.900 m<sup>2</sup>, es decir, el 85,9% pertenecen a la zona ajardinada. En la actualidad viven 4 personas.



*Ilustración 3. Vista aérea de la vivienda.*

### **7.3 Factura del agua.**

En la provincia de Bizkaia la entidad [9] que se encarga del saneamiento y abastecimiento del agua es el Consorcio de Aguas de Bizkaia. La Ordenanza municipal [28] regula las lecturas, la determinación de los consumos y la facturación, además de los conceptos tarifarios aplicables que dan lugar al precio real. Si observamos una factura de agua en Bizkaia los conceptos más comunes a todos los territorios que se incluyen son los siguientes:

#### **7.3.1 Servicio de abastecimiento de agua.**

Los costes que definen el ciclo integral del agua por los servicios de captación y embalse, potabilización y distribución de agua a través de la red de distribución. Tiene una tarifa fija y otra variable.

La parte fija es la relativa a la cuota del servicio que permite el acceso permanente al servicio del agua. Se calcula dependiendo del calibre del contador instalado y se factura por cada 90 días.

*Tabla 1. Cuota en función del calibre del contador.*

Diámetro del contador	Cuota servicio (€)
Hasta 15 mm.	6,6229
20 mm.	8,3126
25 mm.	8,5155
30 mm.	8,7605
40 mm.	9,0476
50 mm.	9,8417
65 mm.	10,8977
80 mm.	12,8998
100 mm.	21,8834
125 mm.	26,9718
150 mm.	33,2709
Desde 200 mm.	58,0777

La parte variable se calcula en función del consumo de agua, se cuantifica según los m<sup>3</sup>. Se escalona el precio encareciendo el precio del metro cúbico según aumenta el consumo para castigar el derroche de agua.

*Tabla 2. Precio m<sup>3</sup> del agua.*

	Hasta 25 m <sup>3</sup>	Hasta 75 m <sup>3</sup>	Desde 75 m <sup>3</sup>
Precio m <sup>3</sup>	0,5653 €	0,6942 €	1,2463 €

### 7.3.2 Servicio de saneamiento.

Esta tarifa incluye los costos que definen el ciclo integral del agua, recogida y tratamiento de aguas o fangos residuales y la construcción, operación y conservación de las

estructuras que intervienen en los sistemas públicos de saneamiento. Se destina a la depuración de las aguas residuales.

### **7.3.3 Cuota de conservación del contador.**

Esta cuota es la relativa a las prestaciones asumibles por parte del contador: suministro y sustitución por antigüedad, alquiler, instalación, conservación y verificación.

### **7.3.4 Cuota de recogida de residuos sólidos urbanos.**

Constituye la tasa por la prestación del servicio de vaciado, limpieza y transporte de residuos a la EDAR de Galindo.

### **7.3.5 Cánones autonómicos.**

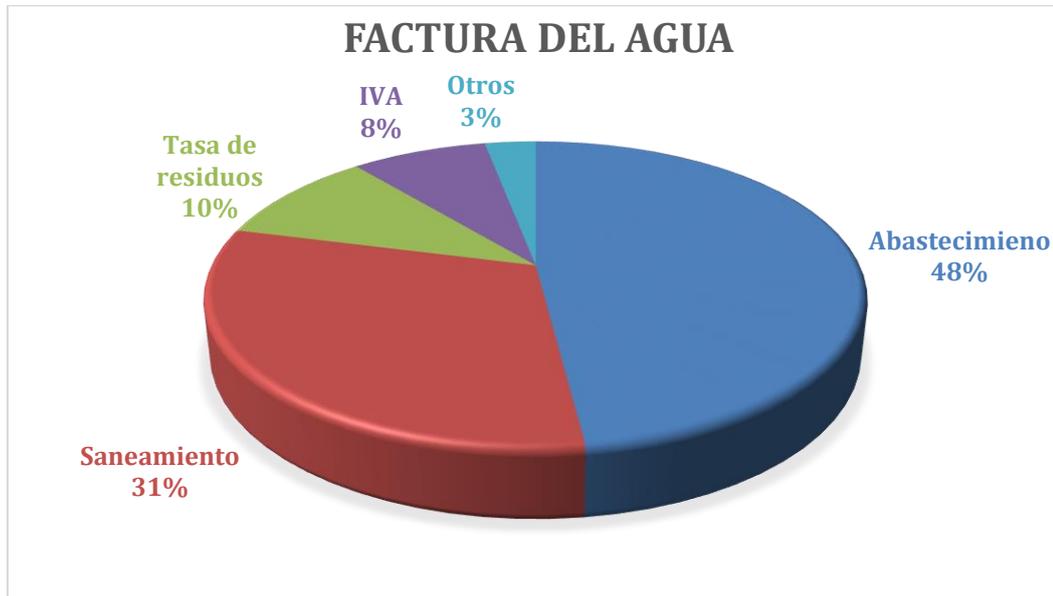
[7] El objetivo del canon del agua, junto a otras medidas y actuaciones, es garantizar en el tiempo la sostenibilidad medioambiental, financiando infraestructuras del ciclo integral del agua, promoviendo el cambio de comportamientos y favoreciendo conductas deseables y eficientes en el uso del agua. En Bizkaia la administración organizadora del servicio del agua es el Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia.

### **7.3.6 IVA.**

Impuesto indirecto que grava el consumo de bienes y servicios producidos. Según el artículo 75.1, apartado 7 de la Ley 37/1992, de 28 de diciembre, del Impuesto sobre el Valor Añadido sobre el agua [3] se aplica el tipo reducido del 10% mientras que el de la conservación del contador se establece en un 21%.

### **7.3.7 Bonificaciones y descuentos.**

Existe diferente facturación para familias numerosas, para familias con todos sus miembros en paro, para los jubilados y pensionistas con pensiones mínimas, centros benéficos y viviendas con un número definido de personas empadronadas y con un consumo de agua inferior al valor determinado.



*Ilustración 4. Composición de la factura del agua.*

#### 7.4 Precio del agua.

Los datos ofrecidos en el XXXII Congreso de la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento basándose en la Ordenanza reguladora de las tasas por la prestación a los usuarios de los servicios de abastecimiento de agua, saneamiento y depuración del CABB el precio que paga un vecino de Bizkaia por el consumo de agua es de en 1,25 euros/m<sup>3</sup>.

## 8. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

### 8.1 Justificación.

La razón fundamental por la que se ha escogido el tema de este Trabajo de Fin de Grado es debida a la necesidad de potenciar las energías renovables y la curiosidad de encontrar medidas correctoras y preventivas que ayuden a combatir los efectos del cambio climático. Desde el punto de vista ecológico han surgido diferentes problemas mundiales como consecuencia de la explotación desmedida de los recursos naturales. El País Vasco, debido a su climatología y el nivel de precipitaciones, se convierte en una zona adecuada para aprovechar el agua de lluvia para reducir la demanda de agua potable al mismo tiempo que se crean alternativas que puedan gestionar los problemas de abastecimiento de agua.

### 8.2 Objetivos.

En este Proyecto se estudiará la viabilidad de la instalación de un sistema de captación pluvial en una vivienda unifamiliar en la Comunidad Autónoma del País Vasco. Este proyecto girará en torno al análisis, cálculo y elección de los componentes fluidomecánicos que forman parte de la instalación para captar y aprovechar el agua de lluvia para el uso doméstico. Para la selección de los componentes será necesario encontrar dispositivos de bajo coste al mismo tiempo que cumplan con ciertos requisitos mínimos de funcionalidad. Si se diese el caso de que este proyecto fuera ejecutable, habría que tomar en cuenta todos los aspectos mencionados anteriormente para el correcto desarrollo del trabajo.

El objetivo principal de este TFG es reducir la demanda de agua potable de red gracias a un sistema para la captación y reutilización de las aguas pluviales que caen sobre el tejado de la vivienda y que permita aprovechar de manera eficiente y sustentable el recurso hídrico en el domicilio.

Los objetivos específicos del proyecto serán:

- Desarrollar un sistema sostenible de captación de agua que se adecue a las necesidades de la vivienda y condiciones meteorológicas.
- Calcular la demanda de agua potable sustituible por agua de lluvia.
- Determinar el ahorro de agua potable.
- Elegir los componentes, el diseño y dimensionado, la instalación y el uso del sistema de reutilización de aguas pluviales.
- Establecer el presupuesto en base a los componentes elegidos en la instalación proyectada.
- Calcular el tiempo de amortización del sistema.
- Definir la documentación necesaria para su posible ejecución.

En el desarrollo de este estudio es necesario conocer los diferentes tipos de cálculos empleados para determinar el volumen del depósito. La elección del tanque de almacenamiento está estrechamente a las dimensiones de la superficie de captación. El sistema depende

principalmente de la determinación de la demanda de agua, la pluviosidad de la zona y el volumen de almacenamiento.

Los componentes del sistema de captación se elegirán mediante catálogo y diseñarán atendiendo a los siguientes requerimientos:

- **Funcionalidad:** se trata de un estudio real que podría implantarse en la vivienda elegida. El sistema debe ser totalmente utilizable y ejecutable.
- **Bajo coste:** se estudiarán los catálogos de los proveedores para, de una forma económica, seleccionar los componentes, teniendo en cuenta su funcionalidad, durabilidad e integridad estructural durante su uso.

### **8.3 Alcance.**

En este proyecto únicamente se estudiará la implantación del sistema para el domicilio previamente definido, sin embargo, este sistema y la variación de sus componentes se puede extrapolar a otro tipo de terreno, características, necesidades o ubicación de la residencia. Con este proyecto se intenta reunir, organizar, reproducir la técnica SCAP disponible y con mayores posibilidades de adaptación y aplicación en la vivienda. Para ello, se incluyen los siguientes aspectos:

- Estudio del emplazamiento.
- Orientación para la selección, diseño, construcción, operación y aplicación de la técnica de captación de agua para uso doméstico.
- Ahorro de agua potable de red.
- Selección de los materiales.
- Presupuesto base necesario para la implantación del diseño.
- Análisis de la rentabilidad del proyecto.

Una vez realizada la selección de los componentes a implantar en el sistema se estudiará una estimación del presupuesto inicial necesaria para la instalación y con ello, un análisis de la rentabilidad económica valorando el costo de la inversión, el ahorro de la demanda de agua potable y estableciendo el periodo de amortización del método elegido.

## 9. BENEFICIOS DEL PROYECTO

### 9.1 Introducción.

El agua es una fuente renovable esencial para la vida en el planeta. A pesar de ser un elemento abundante tan solo una pequeña parte es apta para el consumo. Es el único recurso que se encuentra en la atmósfera en estado sólido, líquido y gaseoso.

Durante las últimas décadas, el esfuerzo continuo por reducir el consumo y favorecer la protección de los recursos naturales ha dado lugar a las tecnologías verdes que podrían ser muy útiles para disminuir la dependencia del agua tratada y las exigencias energéticas asociadas y combatir el cambio climático. La sensibilización por el medio ambiente en la sociedad provoca la demanda de un mayor uso de las energías renovables, sus costes evolucionan a la baja mientras que la tendencia general de costes de la demanda de agua es la contraria. Por eso la propuesta de una gestión inteligente del agua considera la captación del agua de lluvia como una solución alternativa al suministro de red, tanto para reducir el consumo como para manejar el exceso de agua generado durante una tormenta. Esta fuente puede jugar un papel esencial para proveer a la vivienda de agua limpia y de calidad de una forma gratuita. Se trata de una alternativa a los métodos tradicionales de tratamiento de agua como la desinfección o la desalinización que suponen una inversión cuantiosa. A esto se le deben agregar las políticas de gestión del agua miopes basadas en la sobreexplotación de los acuíferos, así como de los ríos y lagos.

Cualquier tipo de ahorro en el consumo de agua potable supone una mejora importante en la eficiencia de consumo de agua en el hogar. El sistema de captación y almacenamiento pluvial es una manera responsable y una solución sostenible para aprovechar mejor un recurso natural limitado como es el agua y al mismo tiempo preservar el medio ambiente. Reducir la demanda de agua mediante un sistema de aprovechamiento de aguas pluviales no solo tendrá beneficios económicos y energéticos sino también medioambientales.

### 9.2 Beneficios.

Son numerosos los resultados positivos que se pueden obtener gracias a esta técnica alternativa de aprovechamiento de los recursos naturales. Los beneficios generados por la implantación del sistema de captación de agua de lluvia para consumo doméstico se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Beneficios ambientales.
- Beneficios ecológicos.
- Beneficios económicos.

### 9.2.1 Beneficios ambientales.

Desde el punto de vista ambiental el desarrollo de la industria y las tecnologías ha provocado un aumento en el consumo de recursos hídricos y la acumulación de residuos. Como consecuencia de estos progresos se han generado mayores impactos ambientales negativos. La explotación desmesurada de los recursos naturales, tales como el agua, está generando alteraciones ambientales que perjudican tanto el medio natural como la salud humana. Estos impactos dan lugar a un empeoramiento de los índices medioambientales. La principal ventaja que se presenta en este proyecto es la utilización de un recurso inagotable, por el momento. Esta idea que fomenta el aprovechamiento del agua pluvial para uso doméstico donde no es necesaria agua de gran calidad, permite continuar con el desarrollo normal de la actividad humana sin producir ninguna huella que perjudique negativamente el estado del medio ambiente.

El agua de lluvia que no se recolecta, además de desperdiciarse, se mezcla con las aguas grises generadas del uso doméstico y las aguas negras (aguas residuales) mediante el sistema de alcantarillado compartido. Cuando las precipitaciones se juntan con aguas jabonosas y residuos industriales se convierten directamente en agua contaminada y obligatoriamente tienen que ser tratadas y depuradas antes de ser devueltas al medio ambiente.

El agua subterránea en su mayoría está compuesta por agua de lluvia. Durante un día lluvioso el agua empapa la superficie terrestre y debido a la gravedad y a la acción capilar las gotas de lluvia consiguen penetrar en el suelo. A medida que avanza a través de las capas subterráneas de tierra el agua se filtra de manera natural formando un flujo continuo de agua subterránea. Este sistema de captación minimiza el consumo de agua potable de red lo que se transforma en una reducción de la explotación de estos mantos freáticos y de las fuentes superficiales además de permitir la recarga de los acuíferos. El uso respetuoso de los recursos naturales favorece el crecimiento de las fuentes renovables y asegura la subsistencia de las reservas de agua potable, fomentando una cultura de conservación y uso óptimo de este recurso hídrico.

Poder reducir la huella hídrica así como concienciar a la población acerca del uso responsable del agua es el mayor beneficio ambiental que se puede obtener gracias a la implantación de este tipo de sistemas.

### 9.2.2 Beneficios ecológicos.

Desde el punto de vista ecológico el agua de lluvia se convierte en una fuente natural pura con una baja concentración de sales, y libre de cloro. La calidad del aire en la comunidad autónoma del País Vasco se estima en muy buena, esto quiere decir que no ha sido contaminada con productos químicos no degradables por lo que el agua de las precipitaciones supone el mejor alimento empleable para el regadío. Además, la falta de cal hace perfecta su utilización para la lavadora mejorando su rendimiento, disminuyendo el consumo de energía y de productos

químicos necesarios para tratar el agua de red. Del mismo modo el uso de agua de lluvia supone alargar la vida útil del aparato.

### **9.2.3 Beneficios económicos.**

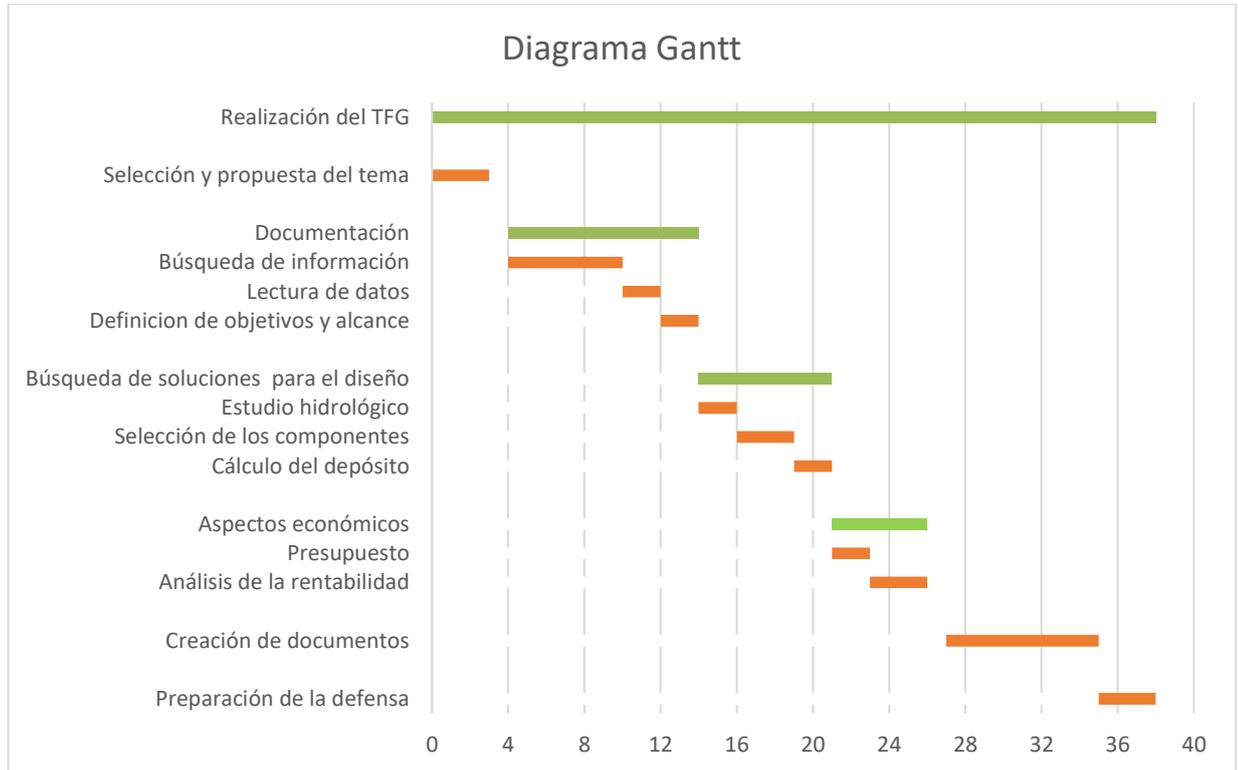
Desde el punto de vista económico la lluvia supone un recurso gratuito totalmente aprovechable. Fuentes de agua alternativas como la recolección de agua de lluvia podrían reducir el consumo de agua del grifo (potable) y disminuir la presión sobre los recursos hídricos disponibles. El sistema de captación de agua de lluvia es especialmente atractivo debido a su bajo costo de implementación y de mantenimiento además de su flexibilidad a la hora de instalarlo.

Se debe destacar también una considerable mejora de la eficiencia energética, que a su vez se ve reflejada en una estrategia económica, social y medioambiental.

Gracias a los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia se reducen también los gastos que se generan al mover y tratar el agua negra del drenaje a distancias lejanas por lo que la inversión en las EDAR se ve reducida ya que el caudal que llega a las estaciones es menor. Además, como no es necesaria el agua en las diferentes tareas que se realizan en la vivienda, el gasto relativo a la potabilización en las Estaciones de Tratamiento de Agua Potable se verá reducido.

## 10. DIAGRAMA GANTT

El espacio temporal en el que se ha desarrollado el proyecto ha sido el expuesto en la siguiente gráfica donde se observa el tiempo medido en semanas:



*Ilustración 5. Diagrama Gantt*

## **11. SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN**

En este apartado se van a realizar los cálculos necesarios para el dimensionamiento de la instalación del sistema. Es imprescindible conocer la demanda de agua potable actual así como el porcentaje de esta que puede ser sustituida por agua pluvial. Se debe prestar especial atención al uso destinado del agua de lluvia y dónde se situará el depósito de recogida para que no se generen microorganismos que disminuyan la calidad del agua. Asimismo, el componente principal a diseñar y el dispositivo que tiene mayor peso a la hora de establecer el presupuesto es el volumen del tanque donde se almacenará el agua proveniente de las precipitaciones. Su elección se realizará en función de los catálogos existentes en la web de los fabricantes.

### **11.1 Problema con el agua.**

La cuestión del agua, tanto a escala mundial como en España, es un problema que no afecta a todas las regiones por igual. Como consecuencia de la distribución hídrica y de la irregularidad del régimen de las precipitaciones existe una diferencia visible en el paisaje. Esta desigualdad da lugar a una España húmeda y otra seca, con periodos de sequías que agravan el déficit de agua. El reparto desigual de los recursos ha originado conflictos entre los territorios por el uso del agua. Los problemas de la escasez de agua no siempre están relacionados con la falta de precipitaciones, la sobreexplotación y la incapacidad de gestión de los recursos hídricos son dos de las causas más importantes.

En España el verdadero problema ambiental es la escasez de agua existente en la parte sur del territorio, esto se ve reflejado en el nivel de los embalses que evidencian no solo la falta de precipitaciones regulares si no la mala gestión del agua. La planificación hidrológica si que sin adaptarse a la realidad climática ya que la demanda supera la disponibilidad de agua. Esta situación provoca un aumento de las temperaturas que a su vez provoca una mayor evaporación de los recursos hídricos. La sobreexplotación de los acuíferos, la contaminación de los ríos, el cambio climático y la escasez de agua están provocando una lenta e inminente sequía que afecta tanto al entorno floral como al animal poniendo en peligro los ecosistemas naturales y la biodiversidad.

En la actualidad la política de aguas que se encuentra vigente en España se basa en la normativa de la Unión Europea y en el Plan Hidrológico Nacional. Al mismo tiempo cada cuenca decide y planifica sus propios planes hidrológicos.



*Ilustración 6. Cuencas hidrológicas.*

El cambio climático además del desarrollo del comercio internacional de alimentos, las tecnologías agronómicas y la sobreexplotación de los acuíferos subterráneos han provocado una situación preocupante en el suelo estatal. Durante muchos años se han construido diferentes estructuras como canales o presas para aprovechar al máximo la época de intensas lluvias y tener acceso al agua durante las épocas más secas del año.

### 11.2 Usos del agua pluvial.

El crecimiento de la población aumenta la lucha por satisfacer las demandas de agua de las zonas urbanas. La cantidad de agua utilizada para fines domésticos en la vivienda variará dependiendo del número de accesorios y aparatos utilizados y su frecuencia de uso. Existen multitud de aplicaciones diarias que no requieren una calidad de agua potable y para las que el agua de lluvia representa una alternativa eficaz y adecuada. En este caso, el agua almacenada se empleará tanto para uso exterior, en el riego de zonas ajardinadas, lavado de suelos y vehículos, como para interior.

[6] El agua proveniente de las precipitaciones en el País Vasco presenta una calidad apta para realizar actividades que no estén relacionadas con la sanidad y consumo para ingesta. Catalogada como agua blanda está compuesta por  $< 1,3 \text{ mmol/l}$  de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , lo que supone un 50% menos que la del agua potable. Comparando el agua de lluvia con el agua potable, la primera es más ácida, con un PH que oscila en torno al 5,5, debido a la existencia de dióxido de carbono en el aire.

[19] [5] Los únicos usos recomendables en el interior de la vivienda corresponden a las cisternas de inodoros (el agua de lluvia no necesita someterse a ningún tratamiento adicional, como la desinfección química), la limpieza del hogar y las lavadoras (en ocasiones excepcionales el color y el olor pueden causar un algún problema si la calidad del agua recogida es pobre), Utilizando siempre el agua potable de red para higiene personal, alimentación y limpieza de la cocina.

En el caso en el que se quiera utilizar el agua proveniente de las precipitaciones para la higiene personal o algún otro fin sanitario se podría potabilizar mediante métodos sencillos. El tratamiento más importante es la desinfección química que garantiza un agua libre de microorganismos y bacterias causantes de enfermedades. [9] El agua del grifo de Vizcaya proviene de la captación en los embalses de Ullibarri Gamboa y Santa Engracia (Álava). Estos embalses pertenecen al sistema del Zadorra y almacenan el 90% del agua que después el Consorcio de Aguas distribuye a las diferentes localidades. Este agua no solo es de alta calidad y de sabor agradable, sino también es más barata que el agua embotellada por lo que potabilizar el agua de lluvia no resulta rentable en esta provincia.

### 11.3 Climatología

El clima predominante en la provincia de Bizkaia es [13] templado de tipo oceánico. De acuerdo con la clasificación del clima de Köppen-Geiger en esta región se establece un clima Cfb.

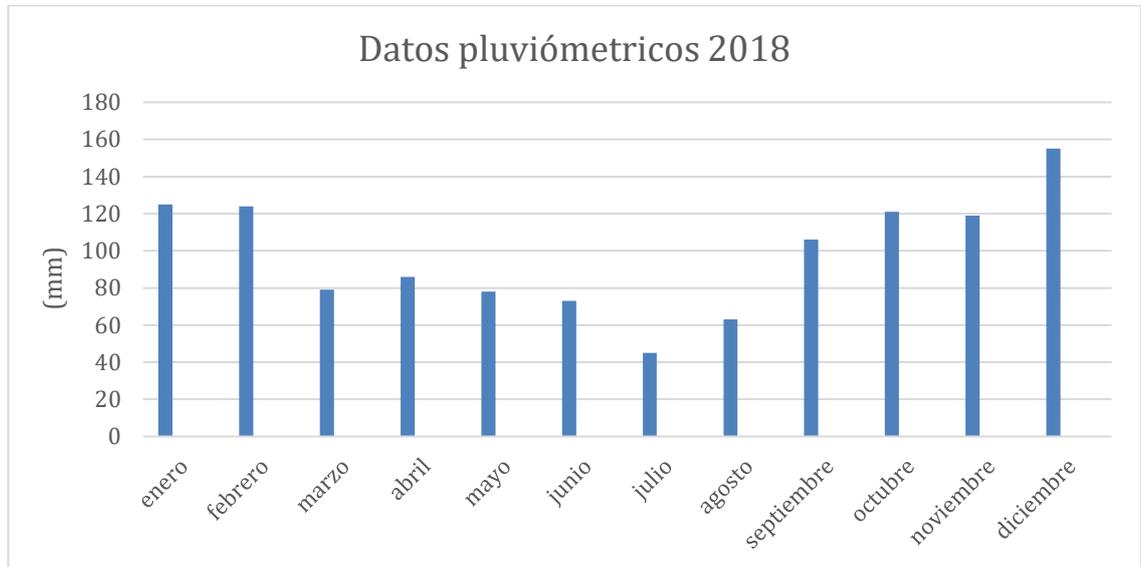
La codificación Cfb de las tablas Köppen-Geiger significa lo siguiente:

- **C:** Climas templado. Son húmedos, con temperaturas medias anuales de alrededor 18°C y precipitaciones medias entre 600 mm y 2.000 mm.
- **Cfb:** marítimo de costa occidental (oceánico), inviernos fríos y veranos frescos con una oscilación térmica anual pequeña.

#### 11.3.1 Datos pluviométricos.

Gracias al INM [13] y los datos recogidos en el aeropuerto de Bilbao (Loiu), se han obtenido las siguientes características pluviométricas de la zona:

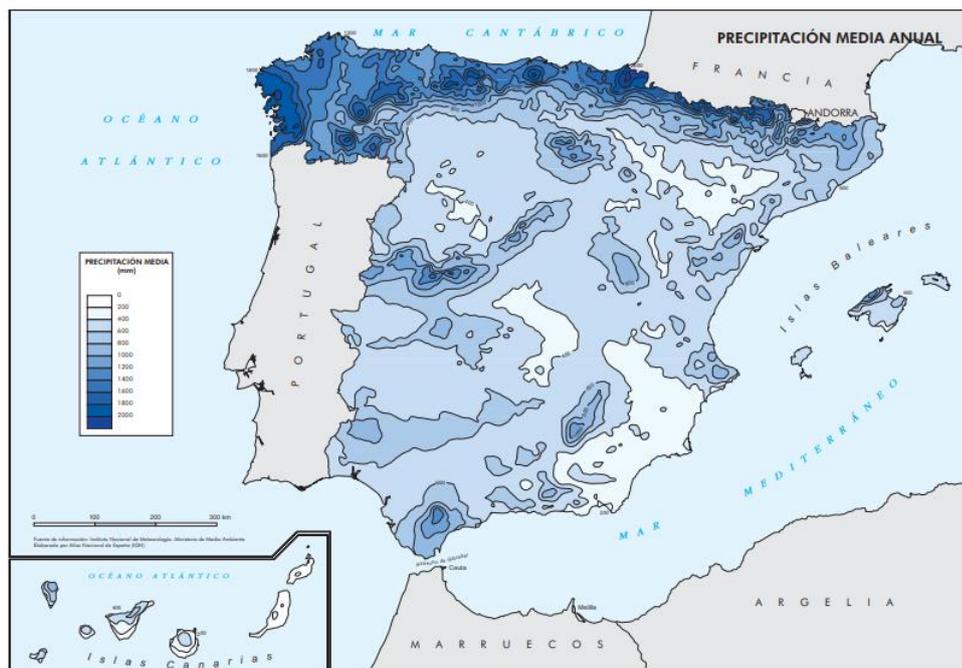
- La temperatura media es de 14.1 °C sin variaciones bruscas de temperaturas debido a la influencia termorreguladora del mar.
- Esta región cuenta con 128 días de lluvia al año con una precipitación anual de 1.174 mm, registrándose los máximos mensuales en diciembre, mientras que los mínimos se sitúan en el mes de julio. Hay una diferencia de 110 mm. de precipitación entre los meses más secos y los más húmedos.
- Las características del agua de lluvia de esta zona la hacen perfectamente utilizable para uso doméstico e industrial. [14]



*Ilustración 7. Datos pluviométricos 2018.*

La abundancia de precipitaciones constante durante todo el año hace que este emplazamiento sea propicio para implantar este sistema de captación pluvial. Con la ayuda de los datos pluviométricos registrados en el año 2018 se calculara en el apartado 10.9.2 la oferta de agua disponible para almacenar en el depósito.

El siguiente mapa refleja la precipitación media anual, valor que se obtiene a partir de realizar un promedio de las lluvias registradas en los doce meses del año. [17]



*Ilustración 8. Precipitación media anual. Fuente IGN.*

#### 11.4 Bases del diseño.

Antes de comenzar con el diseño de un sistema de captación de agua pluvial es necesario conocer los siguientes aspectos:

- Pluviometría anual promedio de la zona.
- Área que abarca la superficie de captación.
- Material del que está hecha la superficie de captación.
- Número de personas que habitan en la vivienda y serán beneficiadas del sistema.
- Demanda anual de agua potable de red.
- Cantidad de agua potable sustituible por agua pluvial.

El sistema elegido para esta instalación es el modelo SCAPT (Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos) en donde la superficie de captación del agua de lluvia es el propio techo de la vivienda y es utilizada para fines domésticos. Esta es la modalidad más conocida y difundida, consiste en captar la escorrentía producida en superficies impermeables, este modelo se presenta como una fuente alternativa de abastecimiento que permite obtener el agua de mejor calidad para consumo doméstico.

#### 11.5 Componentes.

Este apartado del trabajo se dividirá en función de cada componente que forma el sistema de aprovechamiento de agua pluvial con el objetivo de definir y estudiar cada dispositivo detalladamente. [15] [24] La instalación completa consta de los siguientes elementos principales:

- Superficie de captación.
- Canalizaciones.
- Filtro.
- Depósito de acumulación.
- Sistema de distribución.
- Conmutador.

#### 11.6 Consideraciones de diseño de la superficie de captación

A nivel cuantitativo es necesario establecer el coeficiente de escorrentía en función del tipo de tejado, expresando su eficiencia en tanto por uno. En este caso, se trata de un tejado duro e inclinado, por lo tanto, se determina un factor de escorrentía  $F=0,8$ . Conocer las dimensiones del área de captación permite hacer un cálculo de la cantidad de agua recolectada, de esta forma se conocerá cual es el abastecimiento, así como el sistema más adecuado de almacenaje.

*Tabla 3. Factor de escorrentía.*

Tipo de superficie	Factor
Tejado duro inclinado	0,8 a 0,9
Tejado plano sin gravilla	0,8
Tejado plano con gravilla	0,6
Tejado verde	0,3 a 0,5
Superficie empedrada	0,5 a 0,8
Revestimiento asfáltico	0,8 a 0,9

El área de captación de un sistema de recolección de agua es la superficie que recibe la lluvia directamente y drena el agua al sistema. El agua procedente de las precipitaciones se puede recolectar desde techos y áreas de difícil colocación, como caminos de acceso.

El método más utilizado es recoger el agua de lluvia exclusivamente de los techos y tejados, ya que esto evita la aparición de bacterias y residuos en el agua depositada. La superficie neta que ocupa el tejado es de 170 m<sup>2</sup>.



*Ilustración 9. Superficie de captación*

### 11.7 Consideraciones de diseño de la canalización

Este sistema de entrega se utiliza para transportar el agua de lluvia desde la superficie de captación hasta el depósito de almacenamiento. Se conoce como "sistema seco", las canaletas adosadas en los bordes más bajos del techo se deben instalar con una pendiente no muy grande que permita la conducción hasta las bajantes, no retienen agua en su interior después de que deje de llover y no se crean zonas de reproducción para los mosquitos y otros insectos. Gracias a la inclinación del techo y a la correcta disposición de las canaletas hasta un 90% del agua recogida llegará al tanque de almacenamiento.

El material común para canalones y bajantes es metal o de PVC [27] y se recomienda que el ancho mínimo de la canaleta sea de 75mm. y el máximo de 150mm. para evacuar la recogida de agua de forma segura. Se emplearán las canaletas ya existentes tan solo se modificará la bajante a la que se le añadirá el filtro para eliminar posibles impurezas.



*Ilustración 10. Sistema de canalización*

### 11.8 Consideraciones de diseño del filtro

Una vez recogida y canalizada, es muy importante tratar el agua para eliminar la suciedad que haya podido arrastrar desde la superficie de recogida. La primera línea de tratamiento es el filtro. La filtración se efectúa antes de que el agua llegue al depósito, esto debería prevenir la entrada las hojas y otros residuos depositados. Se pueden colocar filtros para detener las partículas un poco más finas. Así, ya limpia, el agua se puede almacenar en un depósito para ser utilizada cuando sea necesaria. [25]



*Ilustración 11. Filtro separador de hojas.*

### 11.9 Consideraciones de diseño del depósito

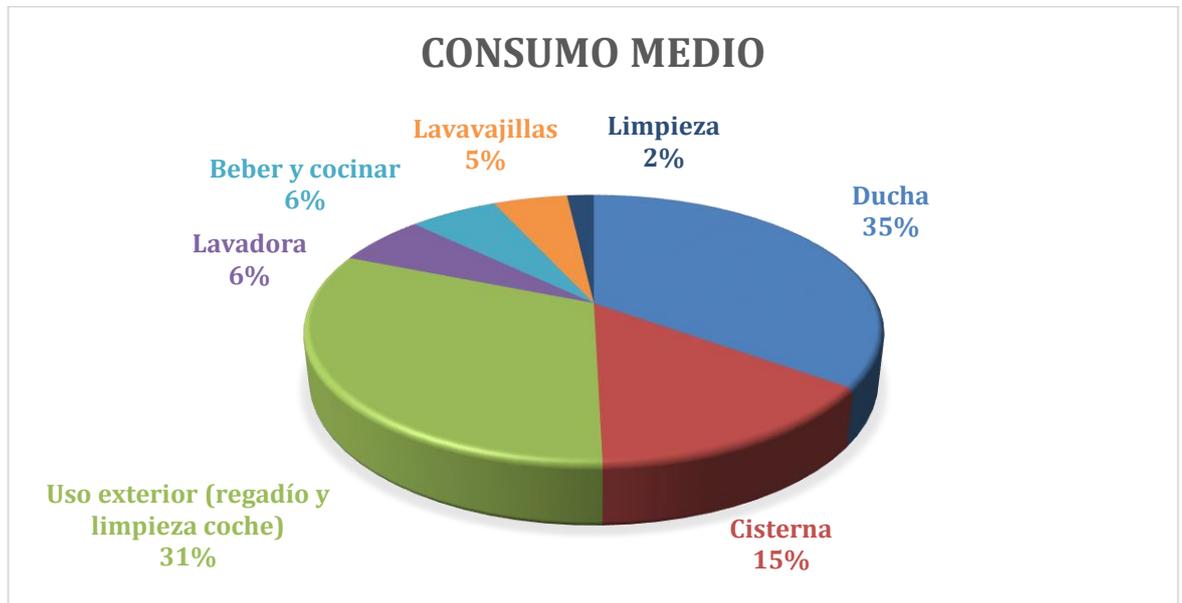
La calidad del agua se puede ver afectada por diversos factores como el exceso de calor, la suciedad y la luz. Por lo tanto, el tanque de almacenamiento debe estar situado en un lugar en el que se regule la temperatura del agua, reduciendo la aparición de bacterias. El depósito empleado en esta instalación será de materiales opacos (polietileno de alta densidad), se aprovechará parte de la zona destinada garaje para ubicar el depósito y así evitar el gasto producido por el levantamiento de tierra y optimizar la accesibilidad. Al minimizar el contacto directo con la luz solar y el sobrecalentamiento que darían lugar al desarrollo de algas se mejoran considerablemente las condiciones de almacenamiento del agua, así como su calidad.

El presupuesto depende en gran medida del depósito elegido por lo que es necesario hacer una elección apropiada de las dimensiones. El volumen de la cisterna depende de tres factores:

- Área de la superficie de captación de agua pluvial del sistema.
- Material del tejado.
- Precipitación media de la zona donde se ubica el sistema.
- Demanda instalada del sistema.

#### 11.9.1 Demanda.

Para establecer el consumo total de agua en la vivienda, en la que se incluye el riego del jardín, se ha estudiado la utilización de agua potable entre octubre de 2017 y septiembre 2018. Se distinguen también las distintas actividades en las que se emplea el agua como se muestra en el siguiente gráfico:



*Ilustración 12. Porcentajes del consumo diario de agua.*

A partir de los antecedentes conocidos y en base a los datos aportados por el Instituto Nacional de Estadística [21] se desea determinar la parte del consumo de agua de red que es susceptible de ser abastecida con el agua de lluvia recogida. Para visualizar el uso al que se destina el agua potable en la actualidad se ha elaborado la siguiente tabla que refleja el consumo anual de agua de la vivienda. Esta demanda visibiliza solo los usos en los que el agua de red es sustituible por agua pluvial. Estos datos se emplearán más tarde para calcular el volumen de agua potable que, desde un punto ecológico y económico, se puede prescindir gracias a la recolección de agua pluvial.

*Tabla 4. Consumo de agua.*

Suministros	Base de cálculo	Consumo medio anual por persona	Consumo total
Cisterna de WC	40L/pers.	8.800 L.	35.200 L.
Lavadora	3 usos/semana de 40L/pers.	3.700 L.	14.800 L.
Limpieza	1 uso diario de 3L/pers.	1.095 L.	4.380 L.
Riego jardín	3L/m <sup>2</sup> /día en 18 días de sequía		76.000 L.

El volumen de agua empleado en el uso doméstico es la cantidad total de agua requerida para atender las necesidades de las personas durante un periodo de tiempo determinado. La demanda anual total de agua potable que se registra en la vivienda se establece en 240.900 litros.

Analizando las gráficas anteriores se puede definir una demanda total de agua potable de 165 l/habitante-día. De este consumo cabe diferenciar el agua potable no sustituible, ronda la cifra de 75 litros, y la parte que interesa en este proyecto, el agua potable sustituible por agua de lluvia son 90 litros por persona

Con los datos calculados se establece la demanda anual (D) de la vivienda se calculará atendiendo a las necesidades de consumo sustituibles por agua no potable [23]. Se conoce de esta manera la cantidad de agua no potable necesaria.

$$D = D_{WC} + D_{Lv} + D_L + D_R$$
$$D = 35.200 \text{ l.} + 14.000 \text{ l.} + 4.380 \text{ l.} + 76.000 \text{ l.}$$
$$D = 130.380 \text{ litros/año}$$

### 11.9.2 Oferta.

La oferta (O) que ofrece el sistema implantado se determinará dependiendo del área de la superficie de captación (S), la pluviometría anual (PA) y el factor de aprovechamiento (F). De esta forma se conoce la cantidad de agua que puede recoger la cubierta.

$$O = PA * S * F$$
$$O = 1.174 \text{ mm} * 170 \text{ m}^2 * 0,85$$
$$O = 269.643 \text{ litros/año}$$

### 11.8.3 Criterio de descarte.

Para comprobar que la técnica se puede implantar en la vivienda y obtener rentabilidad del sistema se analizan dos operaciones sencillas. Si la oferta es mayor que la demanda se tomará una demanda media como base de cálculo, si por el contrario la oferta es menor que la

demanda se descartará el uso del sistema de aprovechamiento de aguas pluviales por la limitación de la cantidad de agua que se puede captar.

En este caso la oferta supera con creces la demanda de agua potable, por lo que se considera viable la implantación del sistema de recuperación de agua pluvial.

$$269.643 \text{ litros/año} > 130.380 \text{ litros/año}$$

#### 11.8.4 Medida del depósito.

En último lugar se establece el volumen mínimo del tanque de almacenamiento (V). Para el cálculo del depósito se valorará la media calculada entre el agua que se puede recoger y la que se necesita para cubrir las necesidades de la vivienda. Además, es importante conocer el periodo de retorno (R) que es el periodo máximo entre dos episodios de lluvia significativos en un año.

$$V_d = \frac{O + D}{2} * \frac{R}{365}$$
$$V_d = \frac{269.643 \frac{\text{litros}}{\text{año}} + 130.080 \frac{\text{litros}}{\text{año}}}{2} * \frac{18 \text{ días}}{365 \text{ días}}$$
$$V_{min} = 9.863,6 \text{ litros}$$

Se considerará el sobredimensionamiento del volumen del tanque teniendo en cuenta los sedimentos que pueden depositarse en el fondo y asegurando una reserva de agua en los meses de verano. Del catálogo proporcionado por Agua de Lluvia se ha escogido:

$$V_d = 10.000 \text{ litros}$$

El depósito calculado tiene una capacidad de 10.000 litros. Se ha elegido haciendo una comparativa de precios y prestaciones de los diferentes fabricantes y proveedores. Se ha optado por el catálogo de Aguas de Lluvia. [26] [18]

En la compra del depósito se incluye: filtro autolimpiable, entrada antiturbulencias, captación de agua a 10 cm superficie y rebosado de seguridad que permite la conducción del exceso de agua al sistema de saneamiento a un sistema de infiltración.

Si existe una época de lluvia continua de gran intensidad en la que el depósito no pudiera almacenar todo el agua disponible el excedente pasaría a la red de tuberías general de aguas pluviales.



*Ilustración 13. Depósito Carat XL.*

### 11.9 Consideraciones de diseño del sistema de tuberías interior

Según la normativa [6] deben coexistir dos circuitos de alimentación de agua, uno para el agua de red y otro para el de agua pluvial. Ambos circuitos son incompatibles entre sí y por consiguiente no puede existir ninguna conexión entre ellos. Todos los componentes que intervienen en la captación de agua pluvial deberán estar debidamente señalizados para su correcta identificación en caso de existir alguna avería.

### 11.10 Consideraciones de diseño del conmutador

Se quiere establecer un sistema con garantías de suministro para asegurar el recuso durante todas las épocas del año. Las redes de agua de lluvia y de consumo humano directo deben estar totalmente separadas, por lo que el agua del tanque tan solo se empleará para el uso establecido. En ningún caso el agua proveniente de las precipitaciones podrá entrar en la red pública, además, durante el periodo seco puede que el agua de lluvia no sea suficiente, por lo tanto, será necesaria la utilización del agua de red. El conmutador con bomba de aspiración integrada es una unidad de gestión de los recursos disponibles. Conmuta de agua almacenada en el depósito a agua potable de red cuando no es suficiente el volumen acumulado. Es uno de los componentes que encarecen considerablemente la instalación junto al tanque de almacenamiento. El sistema de bombeo integrado en el sistema distribuirá el agua desde el tanque de almacenamiento hacia las unidades sanitarias requeridas.



*Ilustración 14. Unidad de conmutación de aguas pluviales. (Fuente: Ostargi)*

Se trata de un grupo de bombeo para suministrar caudal compuesto por una electrobomba de 1,10 kW de potencia eléctrica, trifásica y de velocidad variable. Es un sistema de control de alternancia continua y cuadro eléctrico según norma UNE-EN60204-1 en diferentes materiales, plástico o metal, con protección IP-56 o IP-54.

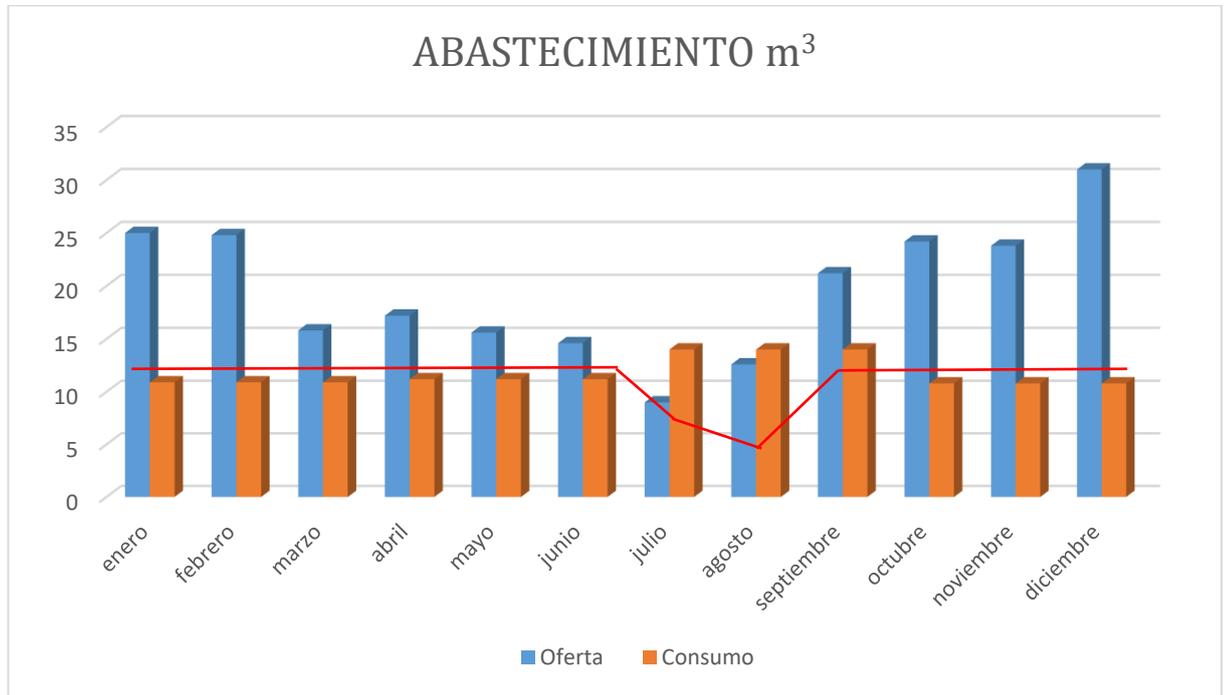
### 11.11 Estudio de acumulación de agua.

Para contribuir con el buen uso del recurso hídrico, se han desarrollado estudios en los cuales se han planteado sistemas alternativos para la recolección y almacenamiento de agua de lluvia. En este apartado se hallará el volumen de agua que se podría acumular en el depósito dependiendo de la pluviometría mensual y el consumo de agua potable de red existente en la vivienda que es susceptible de ser sustituido por agua pluvial. El gasto del agua potable se contabiliza a través de la factura de agua trimestralmente por lo que se ha hecho una media mensual para el gasto mensual de agua.

*Tabla 5. Acumulación de agua pluvial.*

Mes	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m3)			
		Parcial	Gasto	Restante	Disponible
enero	125	25	10.9	14.1	10
febrero	124	24.8	10.9	13.9	10
marzo	79	15.8	10.9	4.9	10
abril	86	17.2	11.2	6	10
mayo	78	15.6	11.2	4.4	10
junio	73	14.6	11.2	3.4	10
julio	45	9	14	-5	5
agosto	63	12.6	14	-1.4	3.6
septiembre	106	21.2	14	7.2	10
octubre	121	24.2	10.8	13.4	10
noviembre	119	23.8	10.8	13	10
diciembre	155	31	10.8	20.2	10

Como se puede observar en el siguiente gráfico durante prácticamente todo el año se almacena agua en el depósito a excepción de los meses de verano donde el consumo de agua potable para usos no higiénicos aumenta debido al regadío automático. Durante los meses de mayor pluviosidad el agua que no se puede almacenar en el depósito pasa al circuito de aguas pluviales. Se ha dibujado sobre la gráfica una línea roja que establece la cantidad de agua que queda en el depósito a final de cada mes.



*Ilustración 15. Abastecimiento de agua pluvial.*

Desde el punto de vista ambiental se establece un ahorro anual en el consumo de agua potable. La demanda de agua potable para usos no sanitarios queda totalmente suministrada a través del agua del depósito pluvial lo que supone un ahorro anual de 140,7 m<sup>3</sup>.

## 12. METODOLOGÍA

### 12.1 Esquema de la instalación.

En este apartado se describe el ciclo que recorre el agua hasta que es aprovechada. El proceso de captación comienza con un día de lluvia cuando las gotas inciden sobre la superficie de captación, en este caso el tejado de la vivienda. El agua se recoge mediante canalones y se filtra para detener el paso de hojas y otros sólidos que se han podido depositar sobre el tejado y se transporta a través de las bajantes. Para ayudar a la circulación del agua y que esta no se estanque es recomendable que el módulo de conducción tenga una pendiente de inclinación.

El agua se conduce a través de las bajantes hasta una estructura para almacenar el agua captada, el depósito opaco desde donde se utilizará gradualmente de acuerdo con las necesidades de la vivienda. El agua aprovechable se impulsa y distribuye a través de un circuito hidráulico controlado por un sistema de gestión. El circuito que distribuye el agua de lluvia hacia la lavadora, sanitarios o manguera es independiente de la red de agua potable para que esta no se contamine. La unidad de control registra el volumen de agua existente en el tanque y la visualiza para el usuario. En el caso en el que no existiera agua disponible en el depósito este dispositivo conmutaría a agua de red para el abastecimiento de la vivienda.



*Ilustración 16. Esquema de la instalación.*

## **13. PRESUPUESTO**

### **13.1 Introducción**

En este apartado se consideran lo que serían, en términos financieros, los costos iniciales. En el desglose de este presupuesto se incluyen todos los materiales necesarios y los costos de mano de obra relativos a la construcción e instalación del sistema de captación y almacenamiento de agua pluvial en la vivienda ubicada en Mungia. El total de los costes asociados al proceso se diferencian en dos bloques.

### **13.2 Materiales**

Para calcular el presupuesto debido al gasto originado por la compra del material se ha tomado como base de cálculo el precio de venta al público suministrado por el fabricante. Por lo tanto, todos los valores de coste especificados se encuentran debidamente documentados.

*Tabla 6. Presupuesto componentes.*

Componente	Precio
Depósito	3.615,48 €
Filtro	11,72 €
Conmutador	912 €
Bajantes y canaleta	42 €
Canalización	110 €
<b>Total</b>	<b>4.691,2 €</b>

### **13.3 Recursos Humanos**

A continuación, se muestran en forma de tabla los costes relativos a las horas hombre necesarias para la implementación del sistema propuesto. Cabe destacar que la compra del depósito incluye su instalación por parte de la compañía proveedora.

*Tabla 7. Presupuesto mano de obra.*

Recurso	HH	€/H	Total
Oficial 1º fontanero	8	19,11	152,88
Ayudante fontanero	8	17,50	140
<b>Total</b>			<b>292,88</b>

### 13.4 Presupuesto final

Por lo tanto, si se quiere implantar el sistema de captación en la vivienda, para la ejecución del proyecto se necesitaría una única inversión inicial de **4.984 €**.

## **14. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD**

### **14.1 Introducción**

El aumento de la demanda de agua potable podría poner en peligro la disponibilidad de recursos hídricos, especialmente en áreas urbanas. El sistema de captación pluvial puede ayudar no solo a satisfacer la necesidad de agua no potable de los clientes, sino también a hacerlo de una manera rentable y respetuosa con el medio ambiente. Para establecer la viabilidad de implantar el sistema de captación de aguas pluviales se deben estudiar dos variantes: económica y sostenible.

### **14.2 Rentabilidad sostenible**

Desde el punto de vista de la sostenibilidad, los grandes cambios demográficos y el creciente aumento de la población sobre todo en el ámbito urbano, además del aumento de las temperaturas, son un factor que afecta seriamente a la calidad y cantidad de agua potable disponible en el planeta. Las características hidrográficas de la región establecen la vivienda como un lugar idóneo para implantar el sistema, no solo para aprovechar el agua de lluvia en ciertas épocas estivales si no porque es posible reducir el consumo de agua potable durante todo el año.

Este sistema aporta grandes beneficios climáticos, se puede aliviar de forma considerable la demanda de agua potable, contribuyendo a realizar un uso racional de los recursos naturales. La mineralización baja del agua de lluvia hace que sea óptima para emplearla en diferentes actividades cotidianas presentes en todas las viviendas sin la necesidad de aplicar grandes esfuerzos para tratarla. El agua de lluvia se convierte en el alimento más sostenible y apropiado para las zonas ajardinadas. Asimismo, supone una disminución de las aguas de drenaje público, al no verter en ella el agua de lluvia al mismo tiempo que se le da un segundo uso.

Obviamente la reducción sobre el impacto ambiental es irrefutable pero la pregunta para obtener la aceptación para la implantación del sistema sigue siendo: ¿Es el proyecto económicamente viable?

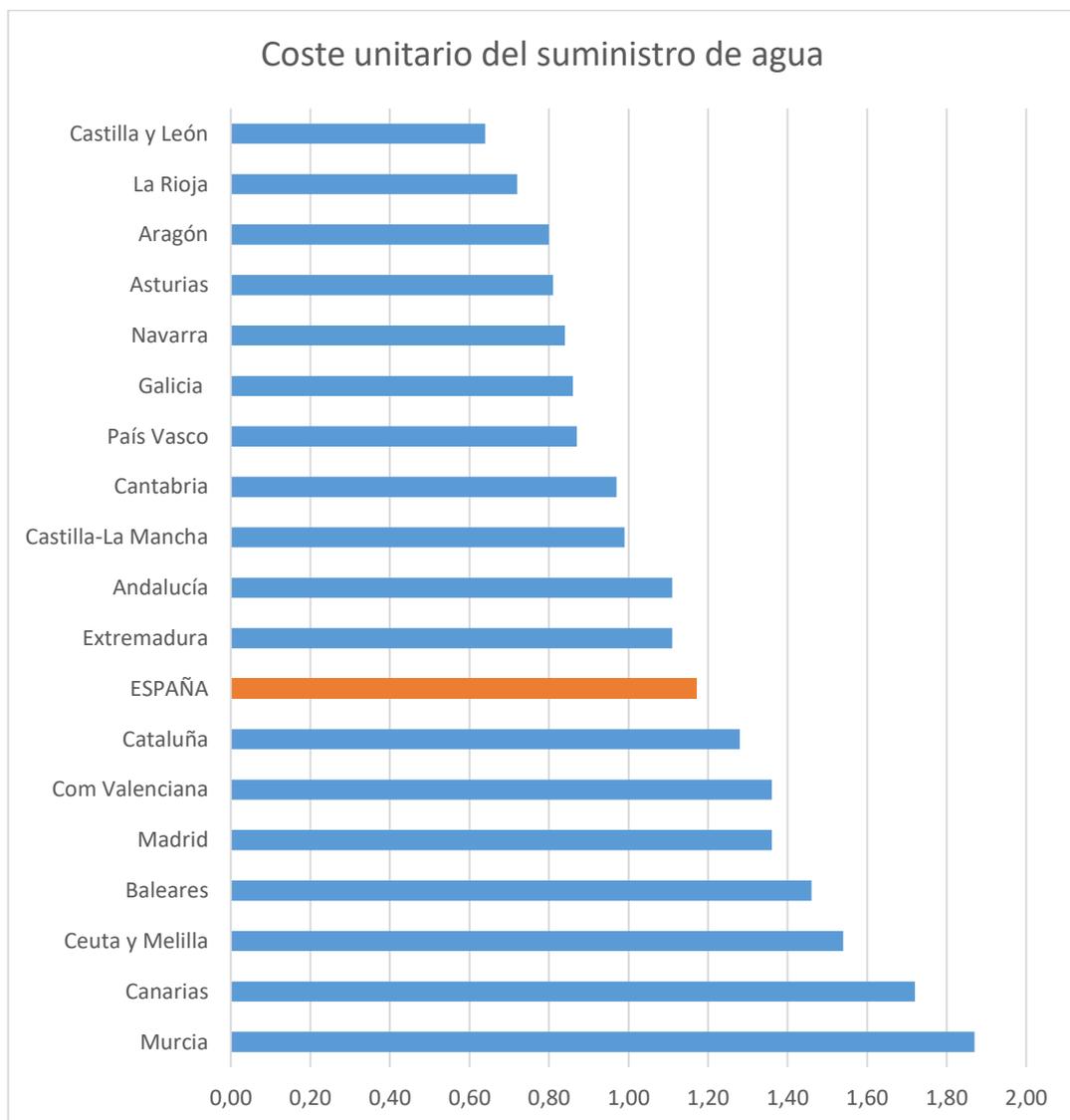
### **14.3 Rentabilidad económica**

Desde el punto de vista económico, igual que ocurre con el coste de la electricidad el continuo aumento del precio del agua fomenta el desarrollo de nuevas técnicas que permitan crear sistemas de autoabastecimiento aprovechando al máximo los recursos naturales disponibles. A la hora de determinar si la instalación es viable será necesario conocer si es posible recuperar la inversión inicial de la instalación antes de la finalización de la vida útil del sistema.

Una vez conocido la inversión inicial necesaria para la ejecución del proyecto, 4.984 €, se calculará el periodo de amortización del sistema. Para este cálculo es necesario conocer el

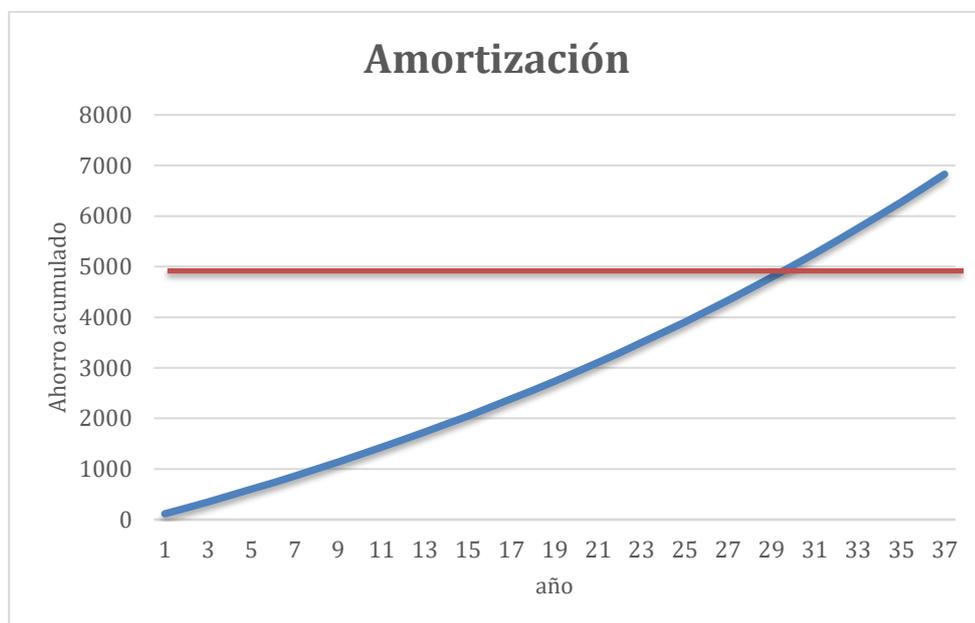
precio actual del agua potable de red relativo al suministro que se sitúa en 0,87 €, además, se ha tenido en cuenta un incremento anual en la factura del 2,5%. [21]

Como el depósito está sobredimensionado y el periodo de no lluvias es bajo, para el cálculo de amortización del sistema se ha supuesto que no es necesario conmutar a agua de red el circuito de agua de lluvia. Como dato de partida para el cálculo se establece que la cantidad de agua potable sustituible por agua pluvial es de 90 l/habitante-día. También se fija como vida útil del sistema 45 años [15] y los costes de mantenimiento son mínimos, salvo rotura de alguno de los componentes. Es de vital importancia mantener la superficie de captación limpia y vaciar el depósito una o dos veces al año para retirar posibles residuos que sedimenten en el fondo para mantener en perfectas condiciones el sistema.



*Ilustración 17. Coste unitario del suministro de agua.*

Analizando los datos obtenidos en base al ahorro de agua permisible en la vivienda se puede observar que al final del primer año se obtendría un ahorro de 114,318 € incrementando esta cifra según la subida del agua en la factura anual supuesta. Se llega a la conclusión de que el periodo de amortización del sistema se sitúa en 30 años. No se han tenido en cuenta posibles exenciones del pago del canon del agua por un uso responsable del agua o el 95% de bonificaciones por el uso de aguas pluviales o de escorrentía. [14].



*Ilustración 18. Amortización del sistema.*

## **15. CONCLUSIONES**

En la actualidad, la disminución de los recursos hídricos provoca una mayor competencia por el agua dulce, además, el cambio climático interviene negativamente en su disponibilidad, tanto en calidad, como en cantidad, por lo que es prioritario desarrollar e implementar tecnologías y técnicas alternativas que permitan el aprovechamiento de los recursos naturales para cubrir las necesidades vitales del ser humano. La preocupación por el medio ambiente provoca el surgimiento de nuevos métodos para reducir el consumo energético y hacer un uso eficiente de los recursos disponibles.

Los sistemas de captación de agua pluvial suponen una técnica más respetuosa con el entorno que las energías convencionales. Con el estudio de este Proyecto se pretende mostrar una solución viable a implantar en una vivienda unifamiliar, ubicada en Mungia, que permita hacer un uso responsable de este recurso hídrico.

Una vez conocidos los datos de partida, se ha realizado la selección y cálculo de los componentes que conforman el sistema de captación de agua pluvial. A partir de la realización de este estudio, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- La viabilidad de implantar un sistema de recuperación pluvial se debe estudiar desde dos variantes: económica y sostenible. Desde el punto de vista ecológico son indiscutibles los beneficios ambientales que se pueden conseguir. Desde el punto de vista económico se puede llegar a un ahorro anual el 50% del agua que se verá reflejado en la factura en la parte variable del abastecimiento. A pesar de este beneficio la elevada inversión en la instalación y las cuotas fijas en la factura el sistema puede salir rentable a largo plazo en un rango aproximado de 30 años. En este estudio no se han tenido en cuenta las posibles subvenciones que se pueden solicitar y reducirían en torno a un 20-30% el coste de la inversión. Por lo tanto, el periodo de amortización del sistema se vería reducido a 24 años.
- A pesar de que las tasas fijas existentes en la factura no se pueden reducir construir un circuito independiente para el agua de lluvia permite abastecerá la vivienda en caso de existir restricciones en el suministro o cortes por averías. La mitad de las necesidades de agua estarían cubiertas.
- La climatología propia del territorio vasco hace que este tipo de sistemas resulte altamente recomendable. Gracias a la frecuencia e intensidad de las precipitaciones se puede almacenar gran cantidad de agua para el abastecimiento de la vivienda. Además, debido a la abundancia de lluvias no es necesaria la inversión en un tanque demasiado grande.

En conclusión, la implantación del sistema de captación de aguas pluviales es una solución sostenible para reducir el impacto humano sobre los recursos hídricos.

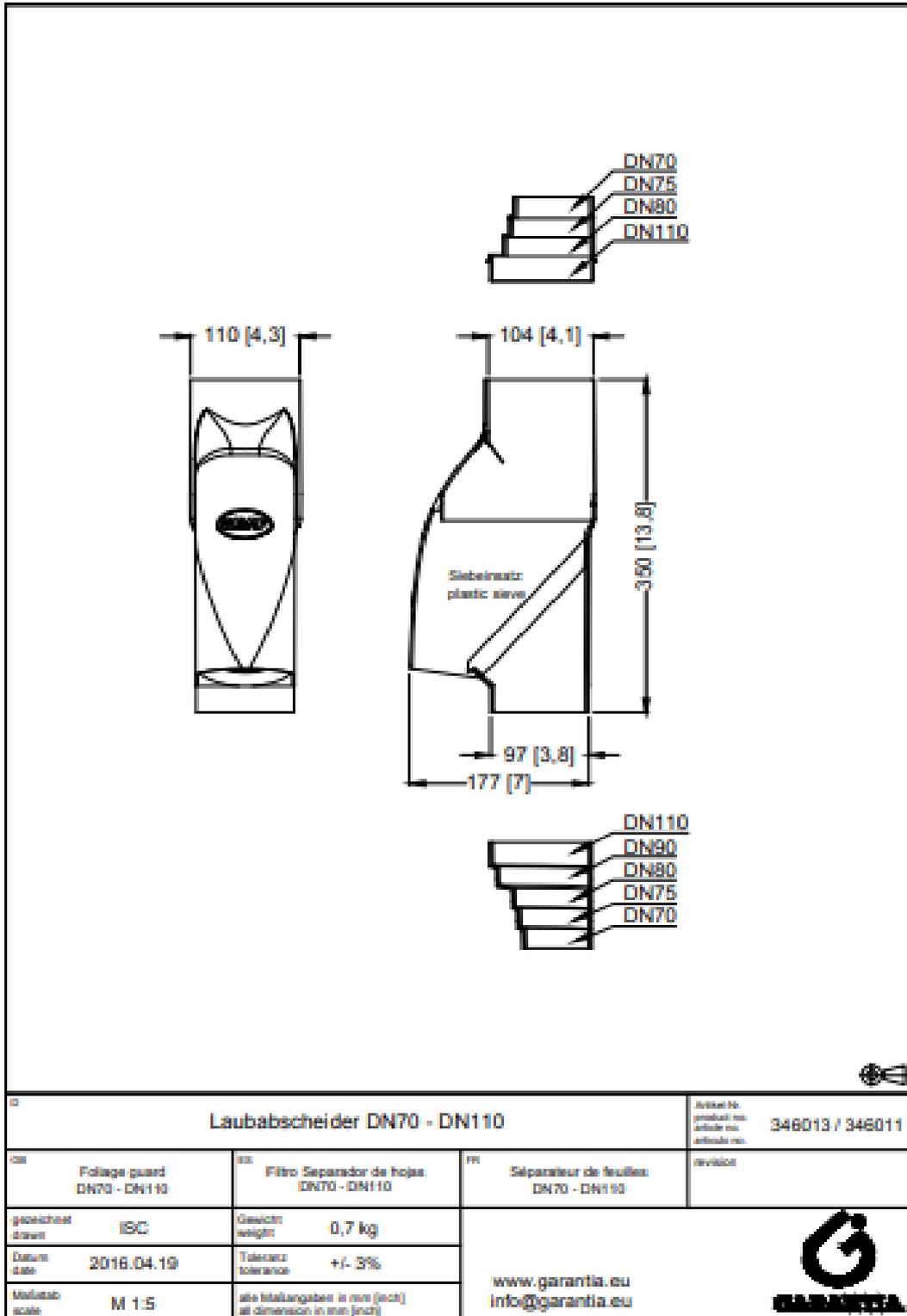
## 16. FUENTES DE INFORMACIÓN

- [1] Normas APA para las referencias bibliográficas.
- [2] UNE-157001-2002: "Criterios generales para la elaboración de proyectos".
- [3] Decisión 2455/2001/CE. Artículo 75.1, apartado 7 de la Ley 37/1992, de 28 de diciembre, del Impuesto sobre el Valor Añadido.
- [4] Artículo 133.2 de la Constitución Española. Economía y Hacienda.
- [5] Real Decreto 140/2003: "Normativa de la calidad de las aguas de consumo en España."
- [6] Directiva 2016/123/CE: "Normativa de la calidad de las aguas de consumo regulada en todos los países de la UE."
- [7] LEY 1/2006 de 23 de junio de Aguas (autonómica).
- [8] Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HS Salubridad, Sección HS 4 "Suministro de aguas."
- [9] Norma Foral 3/1995 de 30 de marzo, expone al Consorcio de Aguas de Bizkaia como entidad reguladora de los servicios de abastecimiento u saneamiento de agua.
- [10] Hasse Rolf. 1989. Rainwater Reservoirs above ground structures for roof catchment. GATE/GTZ. Alemania.
- [11] Consulta de normativa y certificaciones. Recuperado el 21 de abril de 2019. <http://www.aenor.es>
- [12] Consulta de trabajos académicos de la Escuela de Ingeniería de Bilbao. Recuperado el 23 de marzo de 2019. <https://www.addi.ehu.es>
- [13] Obtención de datos hidrológicos de la provincia de Bizkaia. Recuperado el 23 de enero de 2019. <http://web.bizkaia.eus/es>
- [14] Consulta de información hidrológica de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Recuperado el 20 de marzo de 2019. <http://www.uragentzia.euskadi.eus/>
- [15] Consulta componentes del sistema de captación. Recuperado el 30 de abril de 2019. <https://www.soliclima.es/>

- [16] Consulta precios de los componentes. Recuperado el 22 de abril de 2019. <https://www.sotralentz-habitat.es/>
- [17] Mapa de la precipitación media anual. Recuperado el 29 de abril de 2009. <https://www.ign.es/espmapi/index.htm>
- [18] Cálculo del depósito. Recuperado el 13 de febrero 2019. <https://www.la-cisterna-verde.es/calcular-mi-volumen>
- [19] Usos del agua. <https://aqua-ambient.com/aguas-pluviales-alternativa-usos-donde-no-necesaria-agua-potable/>
- [20] Consumo de agua potable. Recuperado el 8 de junio de 2019. <https://www.iagua.es/blogs/carlos-alamo/aprovechamiento-agua-lluvia-consumo-humano-2-abastecimiento-casa-rural-0>
- [21] Datos estadísticos referentes al consumo y precio del agua. Recuperado el 6 de junio de 2019. <https://www.ine.es/welcome.shtml>
- [22] Bartram J, Corrales L, Davison A, Deere D, Drury D, Gordon B, Howard G, Rinehold A, Stevens M. Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 2009.
- [23] Guía Técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios. [https://www.aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/2016.Guia\\_tecnica\\_pluviales.pdf](https://www.aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/2016.Guia_tecnica_pluviales.pdf)
- [24] Componentes. Recuperado el 17 de junio de 2019. <https://www.sotralentz-habitat.es/noticias/nuevo-catalogo-sotralentz-habitat-spain-2019/>
- [25] Filtro. Recuperado el 17 de junio de 2019. <https://aguadelluvia.es/documents/articulos/FichatecnicaSeparadordehojas.pdf>
- [26] Depósito. Recuperado el 17 de junio de 2019. [https://aguadelluvia.es/documents/articulos/010006IMCaratXL\\_273.pdf](https://aguadelluvia.es/documents/articulos/010006IMCaratXL_273.pdf)
- [27] Sistema de canalización de aguas pluviales. Recuperado el 12 de junio de 2019. <http://www.leroymerlin.es>

- [28] Ordenanza reguladora de las tasas por la prestación de los servicios de depuración abastecimiento de agua y saneamiento del Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia. Recuperado el 7 de junio de 2019.  
<https://www.consorciodeaguas.eus/Web/Normativa/pdf/OFISCAL-C.pdf>
- [29] Microsoft Office (Word, Excel y Power Point): para la redacción del proyecto, elaboración de hojas de cálculo y la presentación mediante diapositivas.

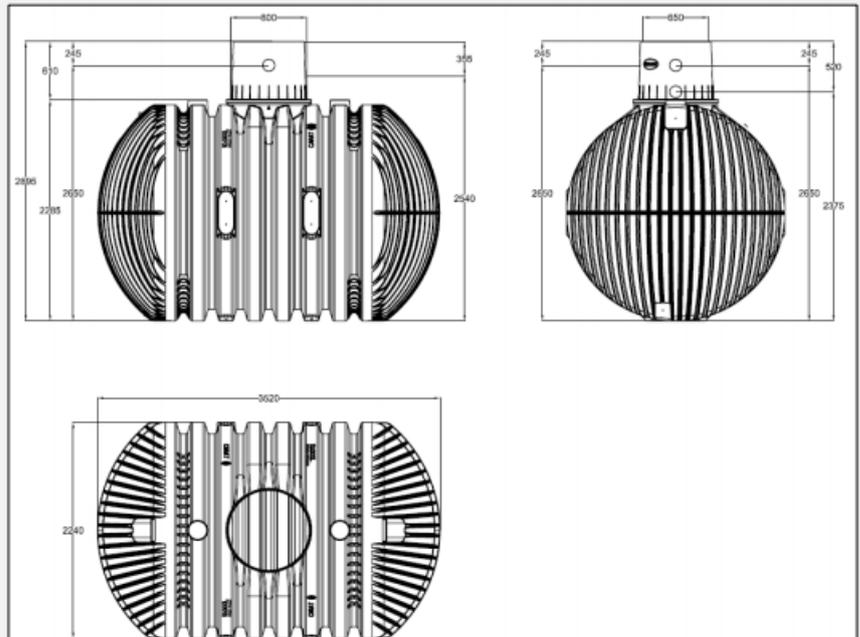
**17. ANEXO I Planos de los componentes.**



	<b>Depósito Carat XL 10.000L</b>	
	Código 010006	



Depósito Carat con cubierta paso peatones



Depósito GRAF Carat XL 10.000L	
Volumen total	10.000L
Material	PE
Diámetro bocas	DN 600
Número bocas	1
Medidas (LxAxH)	3520mm x 2240mm x 3035-3235mm

<b>INCLUYE</b>	Depósito Carat XL 10.000L
	1 Cúpula Maxi
	1 Cubierta telescópica transitable por peatones
	Kit de juntas para el montaje del depósito

OPCIONES	
CUBIERTA FUNDICIÓN PARA PASO VEHÍCULOS	EXTENSIÓN DE CÚPULA

MANTENIMIENTO CADA 5 AÑOS
VACIADO COMPLETO DEL DEPÓSITO
LIMPIEZA DE LAS SUPERFICIES Y PIEZAS DE MONTAJE CON AGUA
ELIMINACIÓN DE LA SEDIMENTACIÓN ACUMULADA EN EL DEPÓSITO
COMPROBACIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL DEPÓSITO

CERTIFICADOS
Certificado CE
Certificado 89/106/EWG
Certificado EN 12566-3 anexo C6
Certificado EN 12566-3 anexo D2



Información técnica - 08/2012 Todos los datos mostrados tienen una tolerancia de aprox. +/- 3,0 % Sujeto a modificaciones técnicas	GRAF IBERICA Tecnología del Plástico S.L. c/Marqués Caldes de Montbui, 114 E-17003 Girona	info@grafiberica.com www.grafiberica.com Tel. : +34 972913767 Fax. : +34 972913766
--	--	---