

Trabajo Final de Grado (Noviembre 2015):

“INSTALACIÓN PARA LA RECUPERACIÓN DE AGUAS PLUVIALES Y SU POSTERIOR USO”

Alumna: Beatriz Solanes Císcar **Tutor:** Luis Montero Delgado

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia (ETSAV)

Universidad Politécnica de Valencia (UPV)



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



La sociedad cada vez es más consciente de la necesidad de ser sostenible. Continuamente, mediante campañas de sensibilización, programas e incluso con las nuevas normativas, nos recuerdan la importancia de crecer de una manera razonable y ecológica, respetando los recursos naturales y haciendo un uso responsable de ellos. Este espíritu sostenible no debe ser una imposición para la sociedad, debe ser algo innato: los recursos naturales no son infinitos.

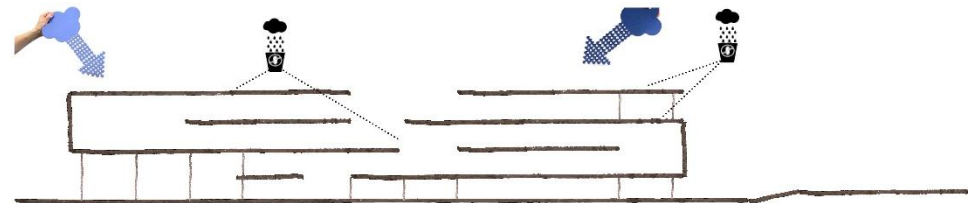
En la actualidad, el mundo de la arquitectura progresivamente está siendo más partícipe de esta idea. Aparecen concursos de arquitectura ecológica, reformas para adaptar antiguas construcciones a nuevas demandas sostenibles, premios que valoran las iniciativas basadas en energías renovables...

Los arquitectos, debemos tener en cuenta que un diseño bello no nos salvaguarda de cumplir con un legado sostenible. Debemos ser capaces de conciliar todas las necesidades del proyecto de manera que el resultado cumpla con los requisitos que hoy en día se le exigen. Y para ello, las instalaciones ocupan un lugar fundamental y cada vez mayor.

Sin embargo, aunque este pensamiento ecológico esté en auge, siguen siendo pocos los arquitectos que ven en él uno de los puntos de partida. Cuando iniciamos un proyecto, estamos acostumbrados a llevar en conjunto el diseño, la estructura y la construcción dejando muchas veces las instalaciones en un lugar secundario. ¿No resultaría más sencillo proyectar un edificio ecológico desde el principio a luego tener que adaptarlo? Ciertamente, seríamos más eficientes en materia de tiempo y dinero.

“El agua es imprescindible para la vida, para satisfacer necesidades placenteras y para el uso de cada día”.

Marco Vitruvio Polión. Los Diez Libros de la Arquitectura (Libro VIII).



RESUMEN

El edificio objeto de estudio está situado en Granada. Se trata de un edificio de uso docente vinculado al recinto universitario de la ciudad. Se desarrolla en altura hasta cuatro plantas, aunque prima su carácter horizontal. Por tanto, posee una gran superficie de captación en cubierta.

Se propone implantar un sistema de recuperación de agua pluvial para poder ser utilizada posteriormente. Se estudia la viabilidad de dicho sistema en una zona climática como Granada y de un edificio con una demanda de agua no potable elevada. El coste de la instalación se cuantifica a efectos económicos y a efectos de sostenibilidad.

Durante todo el estudio se tomarán decisiones relacionadas con la eficiencia y el uso racional de los recursos naturales.

A su vez, se aporta una memoria gráfica con dimensiones, longitudes, materiales, etc., y un presupuesto que hagan válido implantar este sistema.

Palabras clave: recuperación agua de lluvia, sostenibilidad, instalación hidráulica, arquitectura ecológica, uso agua pluvial.

RESUM

L'edifici objecte d'estudi estarà situat en Granada. Es tracta d'un edifici d'ús docent vinculat al recinte universitari de la ciutat. Es desenrotlla en altura fins a quatre plantes, encara que preval el seu caràcter horitzontal. Per lo qual, compta amb una gran superfície de captació en la coberta.

Es proposa implantar un sistema de recuperació d'aigua pluvial per a poder ser utilitzada posteriorment. S'estudia la viabilitat d'aquest sistema en una zona climàtica com Granada i d'un edifici amb una demanda d'aigua no potable elevada. El cost de la instal·lació es quantifica a efectes econòmics i a efectes de sostenibilitat.

A la llarga de tot l'estudi es prendran decisions relacionades amb l'eficiència i l'ús racional dels recursos naturals.

A més, s'aporta una memòria gràfica amb dimensions, longituds, materials, etc., i un pressupost que fagen vàlid implantar aquest sistema.

Paraules clau: recuperació aigua de pluja, sostenibilitat, instal·lació hidráulica, arquitectura ecològica, ús aigua pluja.

ABSTRACT

The object of this study is a building located in Granada. It is an educational building related to the university area of the city. It is developed in four floors height although its horizontal character prevails above its vertical. Therefore, it has got a big surface to keep rainwater at the roof to retain rainwater.

A collection rainwater system to be used afterwards is proposed to be implanted. The viability of putting this system in a climatic zone such as Granada and a building with a high non-potable water demand has been studied. The cost of the installation is quantified through economic effects and sustainable effects.

During all this study, decisions related to the efficiency and the rational use of resources will be made.

Also, a graphic memory with dimensions, lengths, materials, etc., and a budget which allows setting up this system are included.

Keywords: rainwater recovery, rainwater harvesting, sustainability, hydraulic, ecologic architecture, rainwater uses.

OBJETO

En este trabajo se propone una instalación para la recuperación de aguas pluviales y su posterior uso en riego y puntos de servicio como inodoros y grifos de limpieza. Se trata de un proyecto concebido para utilizar los recursos naturales para nuestro beneficio de manera que podamos ahorrar en el consumo de agua potable y, por tanto, garantizar un menor gasto económico.

Primeramente se realizará un breve repaso por los antecedentes históricos relacionados con la captación de agua. Se pondrá de manifiesto la necesidad del ser humano de utilizar los recursos naturales para satisfacer sus necesidades.

Seguidamente se explicará el proyecto que ocupa el estudio. Se describirá la organización de programa, sus usos y las necesidades del mismo. Mediante este análisis, seremos capaces de conocer la distribución del edificio para garantizar la instalación hidráulica más óptima.

A continuación se realizará un análisis general del agua de lluvia. Se tendrán en cuenta aspectos que aborden desde la pluviometría hasta el tratamiento y recomendaciones para almacenar el agua pluvial. Con todos los datos aportados, estaremos capacitados para la realización de una instalación de recuperación de agua pluvial que posteriormente será utilizada. Se discutirá la mejor ubicación de los depósitos y se estudiará la convivencia del sistema de agua potable y de agua de lluvia.

Por último se realizarán todos los cálculos, planos y presupuestos necesarios. Se finalizará el trabajo con una exposición de las conclusiones derivadas del estudio.

Para llevar a cabo este objetivo, se emplearán los conocimientos adquiridos en la asignatura de 'Instalaciones Hidráulicas', la normativa de la zona de actuación y algunos referentes sobre actuaciones similares.

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	6
1.1. Época ibérica	7
1.2. Domus romana	8
1.3. Aljibes árabes	8
1.4. Casa payesa ibicenca	9
1.5. Referentes actuales	10
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	12
2.1. Adecuación al entorno	13
2.2. Concepción del espacio	13
3. ANÁLISIS GENERAL DEL AGUA DE LLUVIA	16
3.1. Estudio de pluviometría	17
3.2. Tratamiento del agua	18
3.3. Recomendaciones y mantenimiento	19
4. ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN	20
4.1. Descripción de los sistemas de abastecimiento y evacuación	21
4.2. Ubicación del sistema de almacenamiento de agua pluvial	22
4.3. Convivencia del sistema de agua potable y agua pluvial	23
5. MEMORIA DE CÁLCULO	25
5.1. Agua fría potable	26
5.1.1. <i>Coficiente de simultaneidad y caudal punta</i>	26
5.1.2. <i>Dimensionamiento y pérdidas de carga</i>	28
5.1.3. <i>Presión en los puntos más y menos desfavorable</i>	28
5.1.4. <i>Definición de material y diámetros de la instalación</i>	30

5.2. Agua pluvial	31
5.2.1. Estimación del agua recogida y demanda de agua no potable	31
5.2.2. Cálculo medida óptima de los depósitos	34
5.2.3. Presión en el punto más desfavorable	35
5.2.4. Definición de material y diámetros de la instalación	39
5.3. Red de saneamiento	41
5.3.1. Cálculo de la red de evacuación de aguas residuales	41
5.3.2. Cálculo de la red de evacuación de aguas pluviales	42
5.4. Agua caliente sanitaria	45
5.4.1. Diseño de la instalación	45
5.4.2. Definición de material y diámetros de la instalación	46
6. PRESUPUESTO	48
6.1. Capítulo I: instalaciones de fontanería de agua fría	49
6.2. Capítulo II: instalaciones de fontanería de agua pluvial	51
6.3. Capítulo III: instalaciones de fontanería de riego	53
6.4. Capítulo IV: instalaciones de fontanería de agua caliente	54
6.5. Capítulo V: instalaciones de saneamiento (agua residual)	56
6.6. Capítulo VI: instalaciones de saneamiento (agua pluvial)	58
6.7. Resumen de presupuesto	61
7. CONCLUSIONES	62
8. BIBLIOGRAFÍA	66
8.1. Bibliografía documental	67
8.2. Bibliografía fotográfica	68

9. ANEXOS

9.1. Esquemas
Esquema 0: Funcionamiento general
Esquema 1: Agua fría potable
Esquema 2: Agua pluvial
Esquema 3: Agua caliente sanitaria
Esquema 4: Agua pluvial riego
Esquema 5: Evacuación aguas residuales
Esquema 6: Evacuación aguas pluviales
9.2. Planos
Plano 0: Planta Cimentación
Plano 1: Planta Baja
Plano 2: Planta Primera
Plano 3: Planta Segunda
Plano 4: Planta Tercera (suministros)
Plano 5: Planta Tercera (evacuación)
Plano 6: Planta Cubiertas
9.3. Detalles
Detalle 1: Planta Baja (suministros)
Detalle 2: Planta Baja (evacuación)
Detalle 3: Planta Primera (suministros)
Detalle 4: Planta Primera (evacuación)
Detalle 5: Planta Segunda (suministros)
Detalle 6: Planta Segunda (evacuación)
Detalle 7: Planta Segunda (suministros)
Detalle 8: Planta Segunda (evacuación)
Detalle 9: Planta Tercera (suministros)
Detalle 10: Planta Tercera (evacuación)

1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El agua representa el recurso natural más importante y la base de toda forma de vida. Aproximadamente el 71% del planeta está formado por agua. Aunque pueda parecer un alto porcentaje, sólo el 0.014% se encuentra disponible para ser usada como fuente de consumo. El tanto por cien restante se reparte entre los océanos y mares salados que ocupan el 97.4% y los glaciares y el subsuelo que abarcan 2.586% (Imagen 1.1).



97.4 %: mares y océanos
2.586%: glaciares y subsuelo
0.014%: disponible

Imagen 1.1 Porcentaje de agua en la Tierra

Si echamos la vista atrás, podremos comprobar como las antiguas civilizaciones tenían mucho más conciencia de la importancia del agua. Aprovechaban todos los recursos hídricos disponibles, entre ellos el agua de lluvia. Actualmente, con la incorporación de las redes de suministro y la creciente demanda de agua, se ha dejado atrás este pensamiento. Los sistemas de recogida y aprovechamiento de aguas pluviales han sido esencialmente minoritarios. No obstante, en las últimas décadas ha ido surgiendo una apuesta firme por la sostenibilidad y aprovechamiento de recursos. Cada vez son más frecuentes las ideas relacionadas con el consumo responsable y la concepción de edificios ecológicos.

1.1. ÉPOCA IBÉRICA

Antiguamente el asentamiento de los seres humanos en un lugar venía determinado por su capacidad de defensa, el aprovechamiento de los recursos alimenticios y sobre todo por la existencia de agua en las proximidades del enclave.

En época ibérica, los oppidas se asentaban en zonas elevadas donde poder defenderse y que a su vez estuvieran cerca de aguas corrientes, como ríos o arroyos, de aguas estancas, de aguas subterráneas o de aguas pluviales. En la mayoría de los casos, los puntos de abastecimiento de agua se encontraban fuera del recinto fortificado por lo que tenían que desplazarse hasta él. Para ello, se empleaban medios de transporte como el acarreo de animales o de medios humanos. La siguiente terracota decorativa muestra cómo se transportaba el agua (Imagen 1.2).



Imagen 1.2 Terracota ibérica procedente de la necrópolis de Cabecico del Tesoro

El hecho de situar los asentamientos en cimas elevadas impedía la excavación de pozos ya que obligaba a obras muy profundas. Sin embargo, la imperiosa necesidad de agua se vio reflejada en algunos poblados en los que idearon sistema de recogida de agua mediante grandes recipientes, ánforas y tinajas situadas junto a las fachadas de las viviendas. Mediante canaletas o desagües se guiaba el agua de lluvia que caía en la cubierta hasta dichos recipientes.

Según iban evolucionando, los oppidas empezaron a excavar cisternas en la cima de los montes. Se trataba de depósitos excavados en la roca en medio del poblado, con formas irregulares y de carácter oval (Imagen 1.3). Se fueron perfeccionando tanto en la forma como en el acabado, llegando a incorporar roca arenisca cubierta de mortero para su impermeabilización (Imagen 1.4). El objetivo de estos depósitos era aprovechar al máximo el agua pluvial caída tanto en las cubiertas de las viviendas como en las calles. El agua de lluvia se conducía mediante canales o regueros a cada casa, asegurándose el suministro hídrico y evitando que ésta quedara estancada.

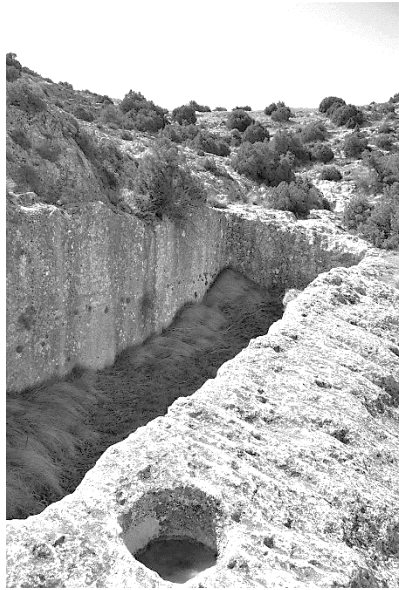


Imagen 1.3 Gran cisterna en el Castellar de Meca

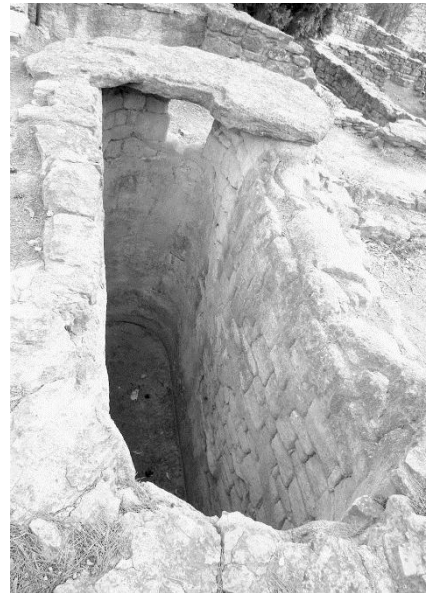


Imagen 1.4 Cisterna en el Puig de Sant Andreu

1.2. DOMUS ROMANA

Las obras de ingeniería hidráulica de gran envergadura de la época romana tardaron muchos siglos en ser superadas. Contaban con sistemas de captación mediante presas, embalses, cisternas y pozos. Empleaban acueductos superficiales o subterráneos como método de conducción, además de canalizaciones de plomo o de cerámica para distribuir el agua a las ciudades. Además, extendieron el uso de cisternas y depósitos como sistemas de almacenamiento. No sólo sabían almacenar agua sino también como evacuar la sobrante mediante complejas redes de cloacas y desagües. El uso de termas y baños demuestra su alto conocimiento del funcionamiento y la técnica del agua.

La domus romana era la vivienda de las familias con un alto nivel económico. En este tipo de construcción podemos observar la conciencia e

importancia del uso del agua. Una de las partes principales de la casa romana era el *atrium*, un patio cubierto con una abertura central por la que entraba agua de lluvia que posteriormente se recogía. El agua de lluvia discurría por el *compluvium*, una abertura rectangular practicada en el centro del techo de las domus que a su vez la entrada de luz solar que iluminaba las habitaciones adyacentes. El agua caía en el *impluvium*, un estanque rectangular con fondo plano que permitía regular el calor en épocas de elevadas temperaturas y recoger el agua de lluvia en un depósito subterráneo (Imagen 1.5). Dicho estanque estaba situado a unos 30 cm por debajo del nivel del suelo, lo cual permitía que en épocas de lluvia intensa el agua sobrante derivase a un aljibe para ser utilizada a posteriori (Imagen 1.6). El agua almacenada se empleaba para el uso de los residentes de la vivienda, para el riego e incluso como calefacción en el suelo al pasar por una fuente de calor.

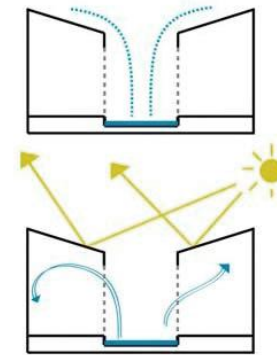


Imagen 1.5 Recogida de agua de lluvia y regulación de temperatura

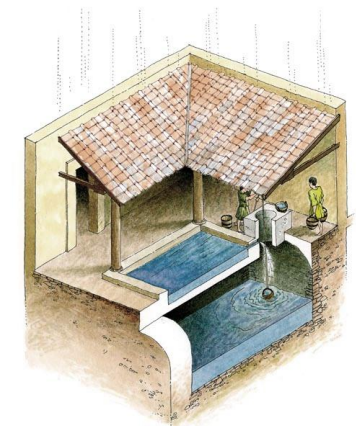


Imagen 1.6 Atrium de una domus romana: compluvium y impluvium

1.3. ALJIBES ÁRABES

En la tradición árabe el agua es uno de los elementos más recurrentes. No sólo por cubrir las necesidades de consumo tanto agrícola como humano, sino también por sus características ornamentales, espirituales y de confort

en cuanto a la creación de espacios se refiere. De hecho, en muchos de los patios de la Alhambra se manifiesta la importancia del agua, mediante fuentes, riachuelos tallados en la piedra, estanques, etc.

Dado que el Imperio Árabe se asentó en lugares cuyo clima era semiárido, surgió la necesidad de desarrollar sistemas eficaces de aprovechamiento de agua de lluvia. Pronto se empiezan a fabricar depósitos enterrados donde almacenar el agua para posteriormente ser usada. Fue en el Al-Ándalus donde se perfeccionó la técnica. Se crearon aljibes total o parcialmente enterrados, contruidos con ladrillo u hormigón -los más modernos- y cubiertos mediante una bóveda de cañón, en forma de casquete o apuntada. Esta forma abovedada de construir resulta más racional y económica puesto que con el mismo material se consigue mayor volumen y por tanto mayor cantidad de agua recogida. El agua de lluvia de los tejados, patios, canales o de las calles se canalizaba hasta el depósito donde quedaba almacenada. Para evitar filtraciones y conservar en buen estado el agua, se recubrían las paredes interiores de una mezcla de cal, arena, arcilla roja y resinas. La perfección de este sistema de aljibes llegó a tal punto que conseguían abastecer a toda una ciudad (Imagen 1.7).



Imagen 1.7 Aljibe árabe en Cáceres, época almohade s. XII

El uso de aljibe de manera generalizada perduró hasta mediados del siglo XX. No cayeron en desuso por su mal funcionamiento o por posibles problemas de salubridad, sino debido a la implantación del sistema de red de aguas públicas. Sin embargo, en las últimas décadas el uso de depósitos está siendo cada vez más frecuente. La cada vez mayor conciencia social por un crecimiento sostenible está permitiendo el resurgimiento de este tipo de sistemas.

1.4. CASA PAYESA IBICENCA

La arquitectura rural tradicional de Ibiza es un claro ejemplo de austeridad, ahorro de agua, energía y respeto en la naturaleza. La casa payesa ibicenca se considera una herencia del pueblo fenicio, importada del Este del Mediterráneo con clima muy similar al de Ibiza. En este tipo de construcción, se adaptó a las necesidades y posibilidades que ofrecía el entorno. Los recursos hídricos de la isla no son permanentes puesto que no hay ríos. Además, el suelo mayoritariamente calizo hace que el agua de lluvia se filtre rápidamente hacia los acuíferos subterráneos. Aunque es cierto que existen zonas con capas impermeables por las que discurre el agua en época de lluvia intensa, suelen ser las menos frecuentes en el territorio. Por lo tanto, la recogida y almacenamiento de agua pluvial se convierte en una necesidad imperiosa.

La casa payesa tradicional (Imagen 1.8) está construida aprovechando la misma roca del terreno con la que se iban añadiendo habitaciones según convenía. Con gruesas paredes y pequeñas ventanas, mantenían la casa fresca en verano y protegían del frío y del viento en invierno. La vivienda estaba orientada a Sur de manera que el sol del invierno calentase la casa y recibiese la sombra en verano. Lo más destacable en cuanto a su sistema hídrico es la utilización de las pendientes de cubierta y de un depósito enterrado. El agua desaguaba en los diferentes tejados y se conducía a la cisterna. Dichos tejados se realizaban con tres capas de materiales autóctonos de la isla: madera, cenizas y algas y arcilla. El depósito contaba con una primera entrada a modo de filtro donde se recogían las impurezas

y sólidos arrastrados. Tras ser filtrada, el agua pasaba a un depósito enterrado definitivo con forma de oval y cuello de embudo. Al estar bajo el suelo, la oscuridad y temperatura mantenía el agua en buenas condiciones. La abertura al depósito estaba tapada y se utilizaba una polea y un cubo para la extracción del agua (Imagen 1.9).

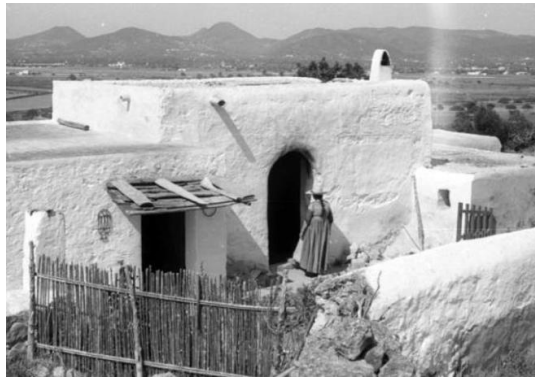


Imagen 1.8 Casa payesa tradicional



Imagen 1.9 Detalle depósito (filtro, cisterna, tapa, polea y cubo)

purificar. La lluvia queda directamente almacenada en estos depósitos y se distribuye a cada vivienda con una red de canales. Además, el agua que incide sobre las fachadas es canalizada hasta los depósitos enterrados (Imagen 1.10 y 1.11), posteriormente es conducida a los campos de cañas para ser filtrada y depurada y, finalmente, ser empleada en las viviendas como alimentación de lavadoras, baños, regado de plantas y otros usos domésticos.



Imagen 1.10 Fachada con canales conductores de agua de lluvia

1.5. REFERENTES ACTUALES

Actualmente, con la creciente demanda de agua y la aparición de nuevas medidas que apuntan a la sostenibilidad, el foco de la arquitectura cada vez más se ha centrado en utilizar este recurso en sus diferentes facetas. Soluciones que emplean el agua de lluvia para lidiar con la escasez hídrica, o como sistema de control térmico o simplemente para conseguir un uso más eficiente.

El **colector de lluvia y rascacielos de H3AR** es un ejemplo de sostenibilidad y aprovechamiento del agua de lluvia (Imagen 1.12). Su forma ovoide esconde una fachada y cubierta capaces de capturar y procesar la mayor cantidad de lluvia posible para proveer a sus habitantes. Bajo la cubierta se colocaron depósitos de agua y campos de caña que sirven para filtrar y

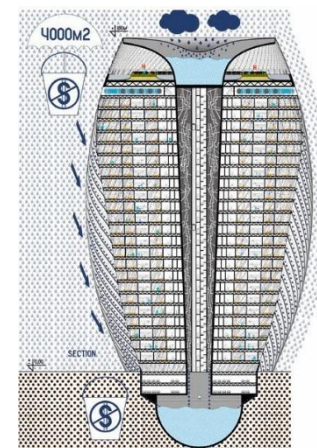


Imagen 1.11 Captación y distribución de la lluvia

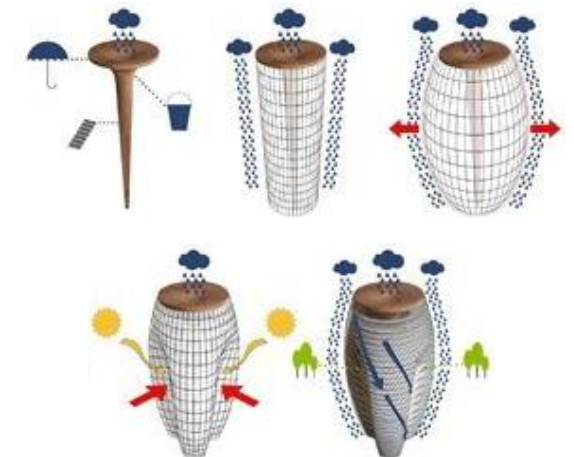


Imagen 1.12 Esquema con forma que ayuda a captar el agua y, a su vez, conseguir el mejor soleamiento

Otro ejemplo actual de arquitectura sostenible basada en el aprovechamiento del agua de lluvia, es el **proyecto desarrollado en Perú por la organización de voluntarios Yantaló** (Imagen 1.13).

Durante los años 90 en Yantaló se creó un sistema de agua municipal lo cual derivó en el abandono de pozos personales y comunitarios. No obstante, cada vez la población es mayor y se precisa más recursos hídricos lo cual provoca que muchas veces el sistema de agua municipal se encuentre seco.

El diseño de la casa desarrollado por la organización permite cubrir estas necesidades de agua además de aprovechar otros recursos naturales como el soleamiento, el clima templado y los materiales locales. La obtención de agua de lluvia se realiza mediante su cubierta en forma de mariposa (Imagen 1.14). En el pliegue de la estructura se sitúa un canalón oculto que permite recolectar cerca de 7.500 litros de agua mensual que posteriormente se utilizará para el riego o para el uso personal. Mediante este sistema se consigue aprovechar la precipitación para potencia la agricultura local sostenible, lo cual repercute en un aumento de la calidad de los alimentos.



Imagen 1.13 Render del prototipo de casa en Yantaló

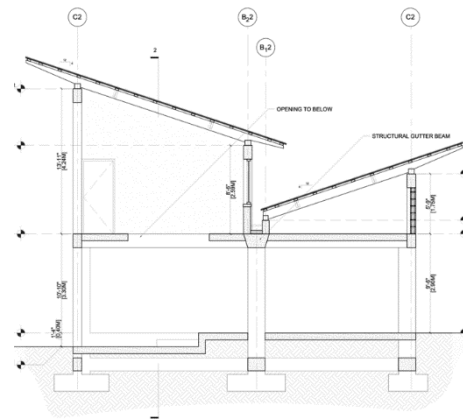


Imagen 1.14 Sección con estructura en forma de mariposa

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El edificio sobre el que aplicaremos el estudio será un proyecto llevado a cabo durante este curso. De este modo, se garantiza que durante el desarrollo del mismo se han tomado decisiones conforme a la instalación de recuperación de aguas pluviales que se pretende instalar. Así pues, se ratifica la necesidad de un buen planteamiento de las instalaciones durante la fase de diseño tanto en la reserva de espacio para el almacenamiento, la altura de los falsos techos, la carga sobre la estructura, etc.

El edificio estudio recibe el nombre de 'Educatorium', concretamente se trata de un centro de enseñanza dedicado a la formación de profesores. Se ubica en Granada, en el entorno de la universidad, próximo a diversas zonas verdes y espacios libres. El emplazamiento (Imagen 2.1) actúa como punto de unión entre dos ámbitos: en su límite Norte, podemos encontrar un amplio parque verde mientras que en su límite Sur, se desarrollan la mayoría de dotaciones de la universidad. A su vez, está en contacto directo con la ciudad en la franja Este y en la franja Oeste, en contacto con unas antiguas vías de tranvía las cuales están sometidas a un plan con objeto de implantar nuevos equipamientos para la ciudad. Por lo tanto, el emplazamiento presenta un enclave estratégico a la hora de diseñar el proyecto y potenciar sus relaciones con el entorno.

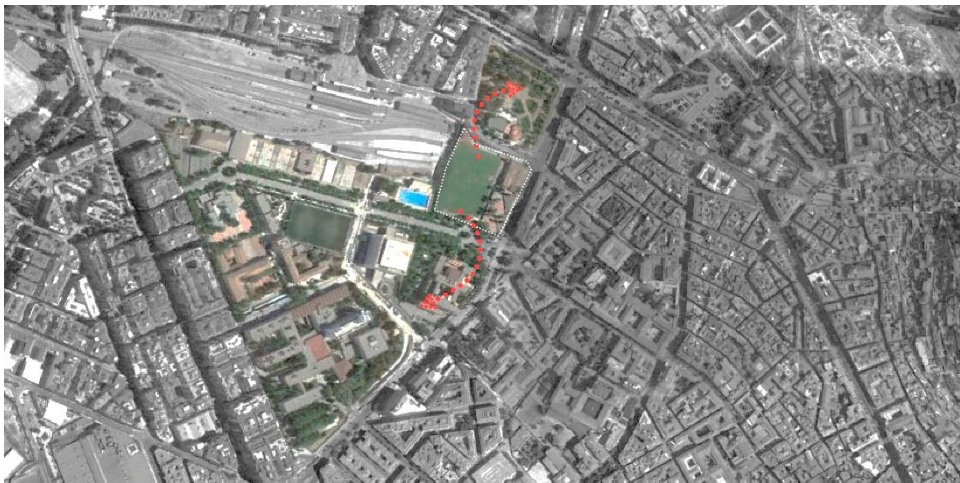


Imagen 2.1 Emplazamiento del proyecto, entorno universitario de Granada

2.1. ADECUACIÓN AL ENTORNO

El proyecto cuenta con una parcela de gran extensión, aproximadamente 14.500 m². En esta superficie se desarrollará el propio edificio y un jardín que servirá de conexión y punto de reunión entre las distintas circulaciones y accesos. Es importante mencionar la diferencia de cota en el perímetro de la parcela, lo cual condicionará la posición de la edificación.

En cuanto a la adecuación del entorno, a través de la ubicación del 'Educatorium' en la parcela, se define un ámbito acotado de crecimiento del parque o zona verde de manera que el edificio defina y abrace el ámbito de extensión de la vegetación (Imagen 2.2). La gran extensión de parcela permite que los accesos se realicen por varios lados de la misma. Por lo tanto, existirán diversos puntos de acceso a la zona. El primero, proviene del parque existente o de la parada de transporte público situada al Norte del terreno; el segundo deriva de la propia universidad y está situado al Sur; y, el tercero, proviene del ámbito más urbano de la ciudad situado en la zona Este (Imagen 2.3).

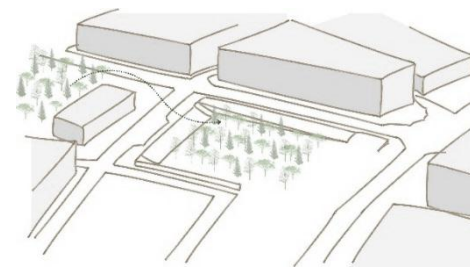


Imagen 2.2. Crecimiento de la zona verde

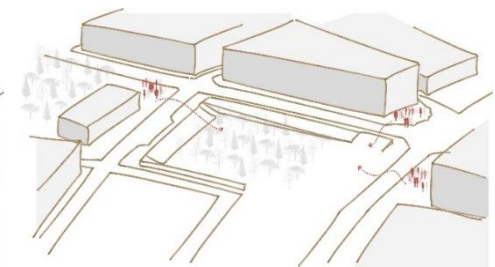


Imagen 2.3 Accesos y circulaciones

2.2. CONCEPCIÓN DEL ESPACIO

Por lo que respecta al edificio, se organiza en 4 plantas -planta baja más tres-. La planta baja es permeable, estableciendo el diálogo entre la

universidad y la zona verde propia del edificio. En ella podemos encontrar una cafetería con cocina y baños, la zona de recepción principal y una zona de acceso secundario. En la planta primera se ubican cuatro espacios docente, una sala conferencia, dos baños, una sala multiusos y una biblioteca -las dos últimas con doble altura-. La planta segunda dispone de siete espacios docentes, la parte superior de la biblioteca, un gimnasio, dos vestuarios y dos baños. Finalmente, en la tercera planta se sitúan dos salas de audiovisuales, un despacho de profesores, una sala de dirección, varios espacios de descanso, dos baños, una terraza y una zona para las instalaciones. Por su parte, la cubierta es plana y no transitable. Estos espacios se conectan a través de una franja central patios y dobles alturas, permitiendo en todo momento el contacto visual entre las distintas plantas y el exterior (Imagen 2.4).



Imagen 2.4 Sistema de conexión de espacios a través de patios

Por otra parte, el espacio ajardinado interior situado en los patios de conexión del edificio, tendrá una superficie de 19.38 m². A su vez, el espacio ajardinado exterior está diseñado de manera ecológica en concordancia con el edificio. Así pues, contará con distintas especies arbustivas y arbóreas autóctonas de la zona de manera que la necesidad de riego no sea abundante. La superficie total arbustiva será de 1911.80 m² y se abastecerá de agua mediante un sistema de goteo. Seguidamente se resume la organización del espacio ajardinado.

Las **especies arbustivas** se plantarán en la zona ajardinada exterior, en parterres de 3.20 x 3.60 metros, de manera que su mantenimiento sea sencillo. Las especies seleccionadas serán autóctonas de la zona, de esta forma la necesidad de riego y cuidado no serán excesivos.



Nombre común: **TOMILLO**
 Nombre científico: *Thymus vulgaris*
 Altura: hasta 30 cm
 Estación: primavera
 Color de la flor: blanco-violeta
 Tipo de riego: moderado, sin encharcar el suelo



Nombre común: **CLAVELINA**
 Nombre científico: *Dianthus pungens*
 Altura: hasta 20 cm
 Estación: finales de primavera y principios de otoño
 Color de la flor: rosa, amarilla o blanca
 Tipo de riego: normal, sin encharcar el suelo



Nombre común: **CALÉNDULA**
 Nombre científico: *Calendula arvensis*
 Altura: hasta 30 cm
 Estación: invierno
 Color de la flor: amarilla
 Tipo de riego: constante, sin encharcar el suelo

Las **especies arbóreas** que se plantarán en el jardín, formarán pequeñas agrupaciones. Estas agrupaciones de árboles serán de la familia pinácea, de manera que se mantenga la esencia del lugar previo a la intervención. De ser posible, se utilizarán los árboles más significativos que había en el emplazamiento.



Nombre común: **PINO SILVESTRE**

Nombre científico: *Pinus sylvestris*

Altura: hasta 30-40 m

Diámetro de copa: 4-6 m

Estación: primavera

Hoja: perenne

3. ANÁLISIS GENERAL DEL AGUA DE LLUVIA

Es cierto que recoger el agua de lluvia para su posterior uso, a primera vista nos puede parecer una opción claramente ventajosa respecto al clásico vertido a alcantarillado puesto que supone darle un segundo uso. Sin embargo, este sistema no siempre es una iniciativa aplicable a cualquier situación. Dado que la normativa actual obliga a instalar un sistema separativo de aguas pluviales y residuales en nuevas construcciones, podríamos utilizar esta premisa para darle una segunda vida al agua pluvial que recogemos.

Como vemos en la Imagen 3.1, el agua de lluvia se vierte directamente al alcantarillado correspondiente, sin previo uso. Esta agua acabará en ríos o acequias para que posteriormente pueda ser utilizada en riego de campos de cultivos, riego de campos de golf o ser almacenada en pantanos. No obstante, en la Imagen 3.2 el agua pluvial que recogemos en nuestro edificio, podemos utilizarla directamente en puntos de uso determinados como inodoros o grifos de limpieza que tras su uso, pasará al sistema depurativo municipal. Además, el agua de lluvia restante que no seamos capaces de almacenar –lluvias torrenciales: intensas y continuas- podrá pasar a un sistema de almacenaje a nivel municipal para que pueda ser utilizado para riegos, extinción de incendios, como regulación de torrentes de lluvia, etc. Con esto, conseguimos darle una segunda vida y aprovechar los recursos naturales directamente para nuestro beneficio sin tener que recurrir a emplear la totalidad del agua de nuestro edificio de la red de alcantarillado.

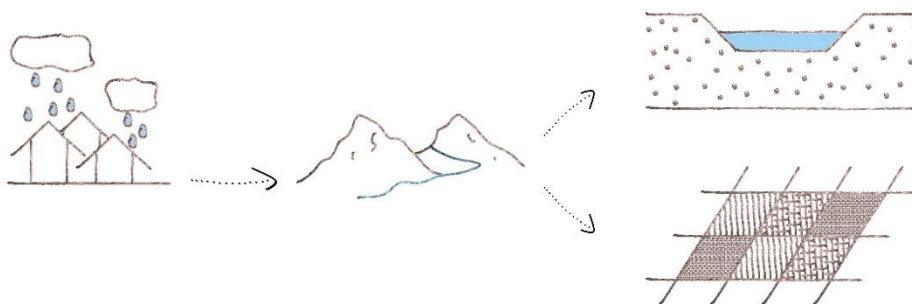


Imagen 3.1 Ciclo y aprovechamiento del agua (1)

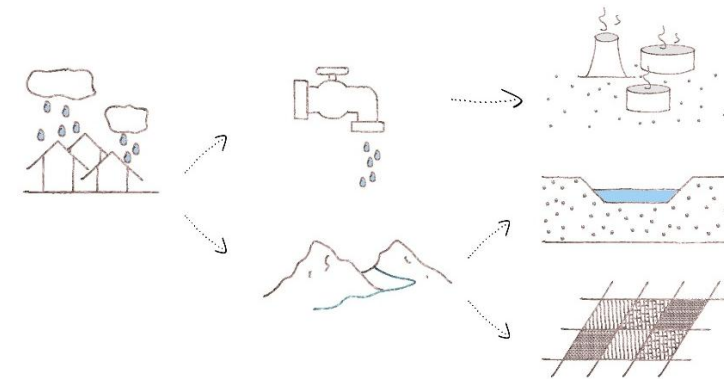


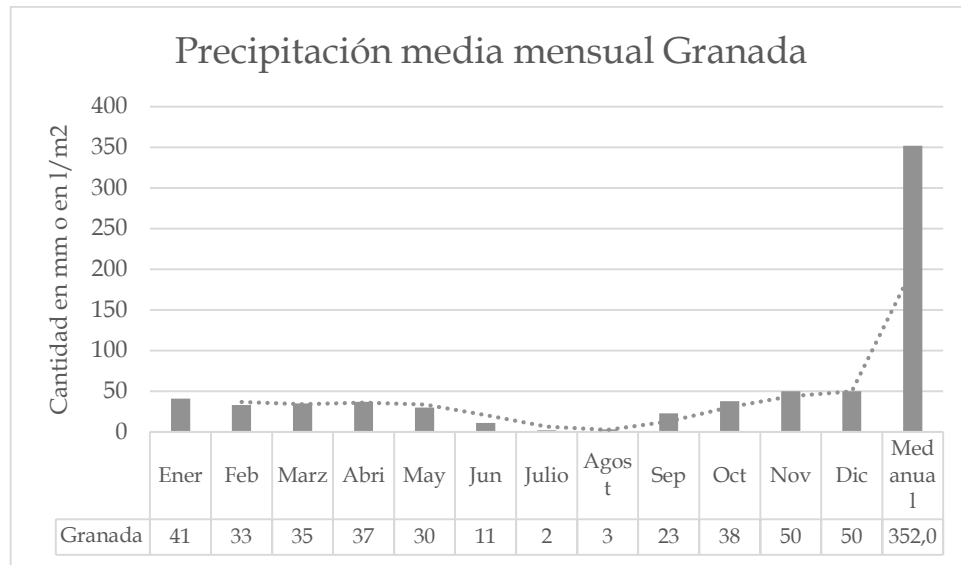
Imagen 3.2 Ciclo y aprovechamiento del agua (2)

Sin embargo, como ya hemos mencionado anteriormente, debemos tener en cuenta en qué situaciones un sistema de recuperación de aguas pluviales es una solución propicia o no. Para ello deberemos plantearnos –entre otras- las siguientes preguntas: ¿nos encontramos en una zona con precipitaciones frecuentes que justifiquen esta instalación? ¿Existen fábricas o industrias cercanas que puedan contaminar la lluvia –pasar a ser ácida-? ¿La mayoría de usos del edificio que proyectamos precisan agua no potable? ¿Contamos con una superficie suficiente para la recogida de agua pluvial?

3.1. ESTUDIO DE PLUVIOMETRÍA

En nuestro caso concreto, el edificio de estudio está situado en Granada. Por lo tanto, deberemos analizar las **precipitaciones** en esta zona en concreto para averiguar la idoneidad del sistema. Según la Tabla 3.1, observamos que los meses en los que se producen menos precipitaciones son junio, julio, agosto y septiembre, coincidiendo con la estación de verano. El resto de meses, las precipitaciones son más o menos uniformes en un rango entre 35 y 41 l/m² produciéndose el máximo en los meses de noviembre y diciembre con una cantidad de 50 l/m². La media anual de 352 l/m² será un dato fundamental a la hora de realizar la instalación de recuperación de agua pluvial.

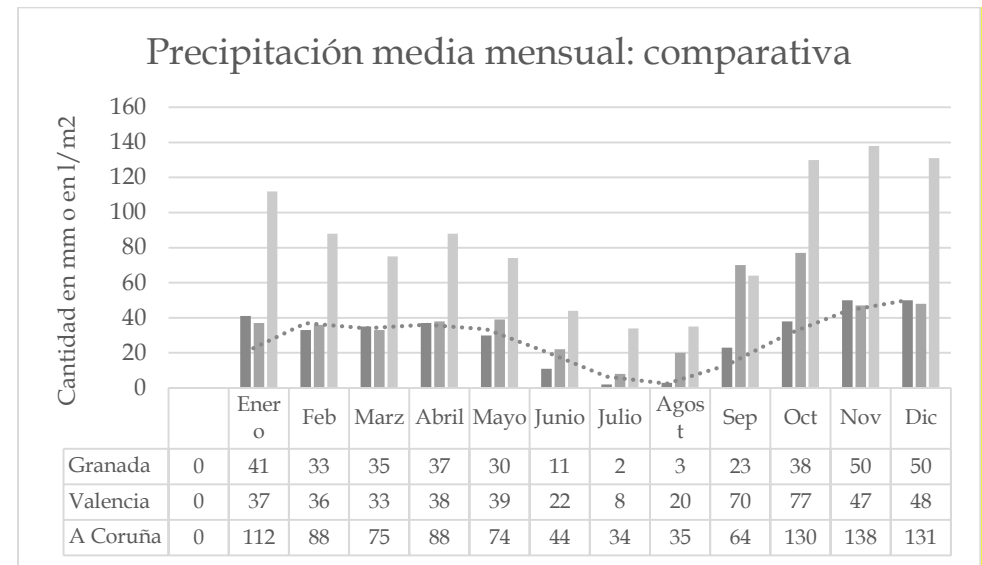
Tabla 3.1 Precipitación media mensual Granada



Para poder entender estos datos, debemos compararlos con otros que nos sean familiares. Por ello, establecemos la comparativa entre la media de precipitaciones de Granada con la media de Valencia –ciudad actual- y A Coruña –ciudad situada al Norte de la península, con fuertes precipitaciones-. Como se refleja en la Tabla 2, la comparativa entre las precipitaciones de Granada y Valencia es bastante semejante a excepción de los meses de verano en los que en Valencia aumenta ligeramente la media. A su vez, en los meses de septiembre y octubre también se produce un aumento en la costera de alrededor de 45 l/m² respecto Granada. Si comparamos estos datos con la precipitación media de A Coruña, observaremos grandes diferencias. Debemos tener en cuenta que A Coruña es una ciudad situada al norte de España, donde sus precipitaciones anuales son conocidas por su constancia y perseverancia. Así pues, si observamos la Tabla 3.2 podremos comprobar que la cantidad de lluvia respecto a Granada es mucho mayor en cualquier mes. Estamos hablando de alrededor de 70 l/m² más mensualmente en los meses con mayor

cantidad de precipitación, lo cual puede suponer un punto importante sobre la idoneidad o no de instalar un sistema de recuperación de agua pluvial. Debemos tener en cuenta, además de las precipitaciones, la necesidad de agua pluvial que va a tener el edificio en el que queremos implantar este sistema y los meses en los que se va a producir la mayor parte de demanda. Todo lo mencionado se verá reflejado más adelante, en el apartado ‘7 Conclusiones’.

Tabla 3.2 Precipitación media mensual: comparativa



3.2. TRATAMIENTO DEL AGUA

En primer lugar debemos tener en cuenta si existe alguna industria cercana que pueda contaminar el agua pluvial. Dicha contaminación se produce por la combinación de los óxidos de nitrógeno y azufre provenientes de las actividades humanas, con el vapor de agua presente en la atmósfera.

Uno de los principales tipos de contaminación que calificaríamos como peligroso para nuestro sistema de recuperación de agua pluvial, sería la

proximidad de centrales nucleares, cementerios nucleares o empresas energéticas que utilicen la quema de carbón. Sin embargo, según la página web del ‘Ministerio de industria, energía y turismo’ la central nuclear más cercana a Granada se sitúa en Cofrentes -aproximadamente a 450 kilómetros de distancia- y el cementerio de residuos más cercano se sitúa en El Cabril -aproximadamente a 250 kilómetros de distancia-. Dicho esto, no consideraremos como peligroso ninguno de estos dos emplazamientos puesto que distan mucho del territorio del proyecto.

Ahora bien, debemos fijarnos si cerca del edificio existen empresas que puedan emitir gases contaminantes. Tal y como se observa en la Imagen 3.3, en un radio de 2 km alrededor del emplazamiento, no encontramos ningún tipo de industria o empresa que se dedique a actividades que calificaremos como peligrosas para nuestro proyecto. Es cierto que aparecen empresas de productos químicos, empresas siderometalúrgicas, etc., sin embargo no se tendrán en cuenta ya que no se encuentran en un radio aceptable para ser consideradas como amenazas.

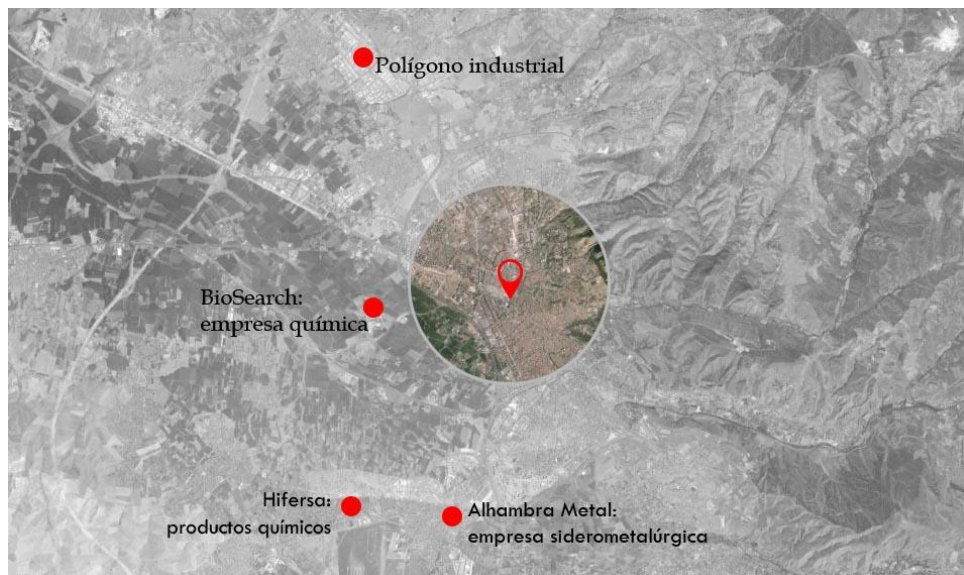


Imagen 3.3 Presencia de empresas contaminantes alrededores del emplazamiento

3.3. RECOMENDACIONES Y MANTENIMIENTO

Aunque no se precisen precauciones extraordinarias para la recuperación y uso de agua pluvial, deberemos seguir unas recomendaciones básicas para el tratamiento del agua. Así pues, la instalación deberá contar con filtros especiales que controlen el paso de sólidos y el grado de filtración. Se instalarán filtros en distintas ubicaciones como en las bajantes, en las cisternas o de modo individual en arquetas enterradas o de superficie. Dichos sistemas podrán ser autolimpiantes o con acumulación de suciedad. En el caso de instalar válvulas de pie -como en la tubería de succión de los depósitos enterrados- se incorporarán sistemas cazapiedras para impedir la entrada de residuos que puedan dañar la instalación.



Imagen 3.4 Filtro cisterna con acumulación de suciedad



Imagen 3.5 Filtro individual autolimpiante



Imagen 3.6 Válvula de pie con cazapiedras

Además, el agua de lluvia se almacenará en depósitos exclusivos para tal uso y cuyo material no altere en ningún caso el agua almacenada. Dichos depósitos, deberán protegerse al máximo de la luz y el calor. Por ello es recomendable que los depósitos estén enterrados o, en caso contrario, sean de un material opaco. Puesto que el agua de lluvia quedará almacenada en depósitos para posteriormente ser usada, es preciso que sean accesibles para el mantenimiento, limpieza o inspección. De manera que se preverá que uno o varios depósitos -o cualquiera de sus componentes- puedan quedar aislados para ser reemplazados por otros o para realizar tareas de mantenimiento.

4. ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO Y EVACUACIÓN

En este apartado se tratarán los sistemas de abastecimiento y evacuación de agua. Para ello será necesario diferenciar entre el abastecimiento de agua potable proveniente de red, el abastecimiento de agua de lluvia proveniente de la recogida en cubiertas y la evacuación tanto de aguas residuales como pluviales.

En primer lugar, se explicará el **abastecimiento de agua potable proveniente de la red**. Debemos tener en cuenta que este suministro dará servicio a todos los puntos potables que lo precisen, como son: lavabos, duchas, grifos de cocina, etc. Para su instalación existen tres posibilidades: suministro directo con presión de red, suministros mediante depósitos o suministros mediante bombas conectadas a la red. Cada una presenta unas ventajas y desventajas respecto a las demás, no obstante el suministro directo de red resulta ser el más beneficioso ya que no precisa la instalación de bombas siempre que se aseguren unas presiones mínimas en los puntos más desfavorables. En ocasiones, cuando la presión de red sea excesiva (mayor a 50 mca), será necesario instalar válvulas reductoras. En términos de espacio de reserva para instalaciones, mantenimiento, calidad del agua y de inversión económica, es claramente ventajoso.

Para instalar este sistema, deberemos conocer la presión garantizada por la empresa suministradora en nuestra zona de actuación. Con dicha presión, averiguaremos si es posible mantener la presión mínima en los puntos más desfavorables. Nos hemos puesto en contacto con 'Emasagra', empresa de aguas de Granada, la cual nos envía el siguiente e-mail:

Estimada Sra. Solanes:

Nos informan del departamento correspondiente que la presión media en dicha zona es de 4,9 kg/cm². No obstante, esta información sólo podrá utilizarse para un uso académico.

Atentamente

En consecuencia, podemos admitir que la presión media en la zona de estudio es de 49 mca. Sabiendo que la presión mínima exigida en grifos comunes es de 10 mca y de 15 mca en la entrada de cada planta –o vivienda, según el caso-, somos capaces de hacer una estimación para averiguar si es posible un suministro directo de red. El edificio estudio tiene cuatro plantas (planta baja más tres). Conociendo que la altura de cada planta es de 3.15 metros y el canto de forjado es de 0.45 metros, resulta una altura total de 13.95 metros. Suponiendo la red está enterrada 0.50 metros, en total el agua debería alcanzar una cota de aproximadamente 14.45 metros. Por lo tanto, sin tener en cuenta posibles pérdidas por fricción o pérdidas localizadas, la presión en la planta más alta del edificio será de 34.55 mca (49 mca - 14.49 mca), siendo que suficiente para garantizar las presiones mínimas. Dado que en ningún momento la presión alcanza los 50 mca, no será necesaria la instalación de válvulas reductoras.

En segundo lugar, se abarcará el **abastecimiento de agua de lluvia proveniente de la recogida en cubiertas**. En este caso, debemos prestar especial atención a qué puntos de uso utilizarán agua pluvial tratada y dónde se situará el sistema de recogida y almacenamiento de dicha agua. En concreto, el agua pluvial se empleará en cisternas de inodoros, grifos de limpieza y riego de jardín. Los puntos de recogida o captación serán la cubierta principal, la terraza, los patios y el espacio descubierto previsto para las instalaciones de la cuarta planta. Estas superficies se han de tener en cuenta desde un punto de vista cuantitativo, se tendrán en cuenta aquellos espacios descubiertos cuya dimensión sea considerada adecuada para tal fin, y cualitativo, el coeficiente que se aplicará en cada tipo de cubierta no será el mismo.

La ubicación de los depósitos de agua pluvial, es un tema extenso en el que habrá que considerar diversas opciones para llevar a cabo el proyecto más interesante desde el punto de vista económico y sostenible. Por lo tanto, se tratará con mayor profundidad en el siguiente apartado (4.2. Ubicación del sistema de almacenamiento de agua pluvial).

En tercer lugar, se tratará la **evacuación tanto de aguas residuales como pluviales**. Debemos tener presente la exigencia de la normativa de instalar un sistema separativo en edificios de nueva construcción, aunque la red urbana sea unitaria. Dado que en el edificio estudio se va a implantar un sistema para la recuperación y uso de las aguas pluviales, sólo aparecerá una canalización de evacuación de agua de lluvia, que servirá para aquella que no pueda ser recogida durante lluvias torrenciales o excesivas, y otra canalización de evacuación de agua residual.

En el caso del agua potable, después de ser empleada en lavabos, duchas y demás, pasará a ser agua jabonosa y se conducirá hasta las canalizaciones de evacuación aguas residuales conectándose a la red general de agua residual. En el caso del agua de lluvia, tras usarse en inodoros, puntos de limpieza y riego, pasará igualmente a considerarse agua residual y se procederá del mismo modo que la anterior. En cambio, el agua pluvial sobrante, será conducida por las canalizaciones de evacuación de agua de lluvia y se conectará a la red general de agua pluvial –en el caso que exista sistema separativo urbano–.

4.2. UBICACIÓN DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE AGUA PLUVIAL

La ubicación de los depósitos de agua pluvial determina un aspecto crucial en el desarrollo del proyecto. Debemos tener en cuenta que se trata de instalaciones que por su carácter acumulativo precisan unas dimensiones considerables. Durante la elaboración del proyecto, se tomaron decisiones sobre dónde se iban a albergar tales instalaciones. Se reservó una gran área en la última planta, debido a su carácter más privativo, donde se situarán los equipos de aire acondicionado y depósitos de agua.

A la hora de prever su ubicación, se debe prestar atención a aspectos como el posible sobrepeso en la estructura, la recogida de agua de la mayor parte de cubiertas, la obtención de una presión suficiente en los puntos de usos, etc. A continuación se presentan las tres alternativas posibles.

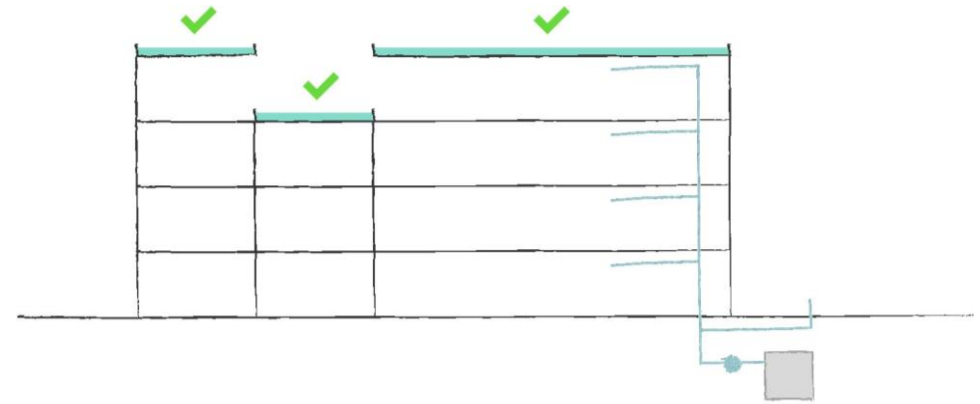


Imagen 4.1 Posición 1: depósito enterrado

Primeramente, se considera el **depósito enterrado** (Imagen 4.1). La ventaja de este sistema es doble, por una parte no aporta un peso extra en la estructura y, a su vez, consigue recoger el agua de todas las cubiertas y terrazas del edificio. Sin embargo, precisará un grupo de bombeo para dar servicio a cualquier planta del inmueble y para el riego del jardín exterior.

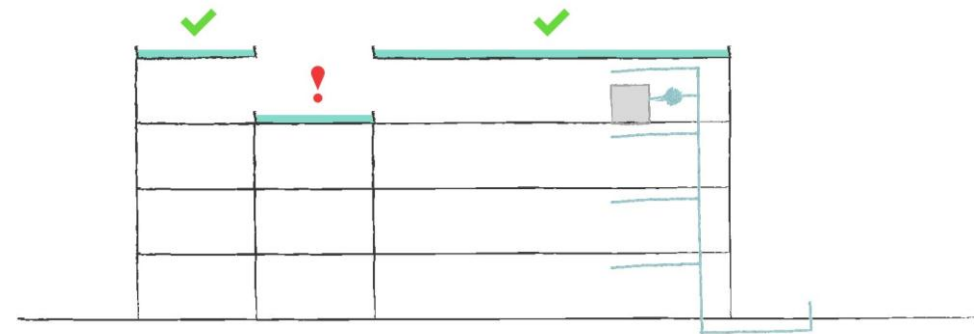


Imagen 4.2 Posición 2: depósito en cuarta planta

Seguidamente, se explica el **depósito en cuarta planta** (Imagen 4.2) –donde estaba previsto en el proyecto–. Esta situación del almacenamiento presenta varias desventajas. Al colocarlo en cubierta, la estructura estará sometida a un sobrepeso que habrá que tener en cuenta. Además, no será posible

recoger el agua de la terraza y del espacio descubierto previsto para las instalaciones, ya que se encuentran en el mismo nivel que el depósito. Otro inconveniente es la necesidad de un grupo de bombeo para la planta segunda, tercera y cuarta –considerando que la planta primera y el jardín exterior pueden servirse de la presión producida por el cambio de cota-. Visto que este sistema no presenta ninguna ventaja, pasará a ser descartado.

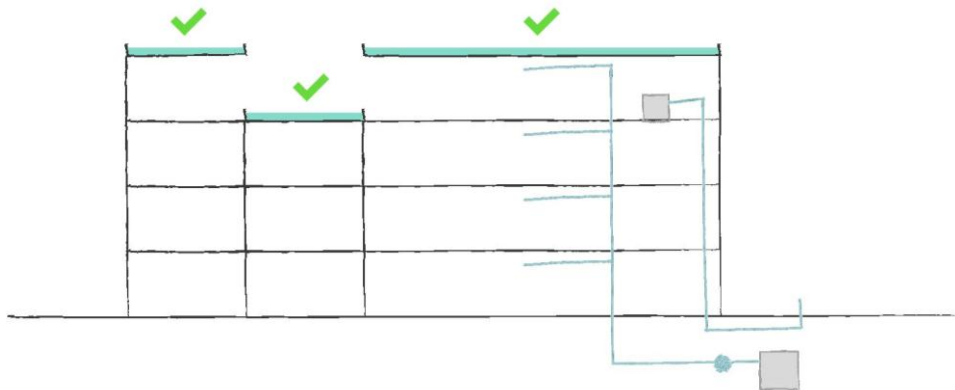


Imagen 4.3 Posición 3: depósito enterrado + depósito en cuarta planta

Finalmente, se propone un **sistema mixto: depósito enterrado y depósito en planta cuarta** (Imagen 4.3). Mediante este procedimiento se consigue recoger el agua pluvial de todas las superficies de captación y tener menor sobrecarga en la estructura ya que el depósito será de menores dimensiones. Sin embargo, aunque tenga menor carga no hay que menospreciar la fuerte presencia del sismo en Granada. Por esto, en busca de no acentuar los efectos sísmicos en el edificio, los depósitos deberán ser de poca altura y mayor superficie. En este caso, tan solo será necesaria la instalación de un pequeño grupo de bombeo en el depósito enterrado que sirva al edificio ya que el depósito en cubierta que sirve al jardín exterior contará con la presión suficiente debido a la diferencia de cota. No obstante, habrá que estudiar qué depósito sirve a qué uso y qué cantidad de agua precisa.

4.3. CONVIVENCIA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y AGUA PLUVIAL

Cuando realizamos una instalación que utilizará el agua pluvial, nos pueden surgir algunas dudas. ¿Qué ocurre cuando el agua de lluvia no sea suficiente para dar servicio a todos los puntos de uso? ¿Es necesario tener una instalación con dispositivos especiales? ¿La red de tuberías se duplicará? ¿Qué recomendaciones debemos seguir? En este apartado se van a resolver estas y otras dudas.

Para empezar, debemos tener en cuenta que se trata de un edificio en el cual habrá tanto tuberías de suministro de agua potable como tuberías de suministro de agua de lluvia. Ambos sistemas son incompatibles entre sí y, por tanto, no debe permitirse en ningún caso la interconexión entre ambos. Por lo tanto, en la acometida de agua potable del edificio o, a ser posible, cerca del contador, debe señalarse claramente:

¡ATENCIÓN!

*EDIFICIO CON SISTEMA DE UTILIZACIÓN DE AGUAS PLUVIALES.
PROHIBIDAS LAS CONEXIONES CRUZADAS*

A su vez, para facilitar la distinción de ambos suministros –potable y pluvial-, las tuberías de plástico o de acero inoxidable deberán estar especialmente señalizadas durante todo su recorrido para evitar posibles confusiones. Además, todos los lugares de captación, filtración, almacenamiento, impulsión, conducción, evacuación y entrega de aguas pluviales, deben estar convenientemente señalizados para que puedan ser identificados de forma fácil e inequívoca. Se puede utilizar un texto y/o icono –como el ejemplo normalizado de la ilustración 6- que señale los elementos que contienen aguas pluviales. Si un punto de uso de agua pluvial queda expuesto al libre acceso, como por ejemplo los grifos de limpieza del exterior en planta baja, deben tener un sistema de seguridad complementario a la señalización. Es decir, deben ser grifos con maneta desmontable o bloqueable, o algún dispositivo que impida su uso.



Imagen 4.4 Señalización agua no potable

Por otra parte, debemos prever que ocurrirá cuando el agua de lluvia no sea suficiente para abastecer todos los usos. En un primer momento podemos pensar en la disposición de una electroválvula que cuando detecte un nivel bajo en el depósito de agua pluvial, proceda a rellenarlo con agua potable. Sin embargo, esta opción no es viable porque no se puede prever cuándo lloverá, ni es aceptable desechar el agua sobrante para llenar el depósito. Así pues, se instalará un sistema mucho más sencillo. Se realizará una conexión aguas abajo del depósito de agua de lluvia, entre el montante de alimentación de agua potable y el montante pluvial. Este sistema debe incluir una sonda de nivel que detecte una baja cuantía de agua en el depósito, una electroválvula que reciba la señal y la envíe a la sonda de nivel, arrancando las bombas y permitiendo el paso de agua potable, además se precisará una válvula antirretorno para que el agua de lluvia no pueda pasar a las conducciones de agua potable. A continuación se detalla un breve esquema sobre el funcionamiento de dicho sistema.

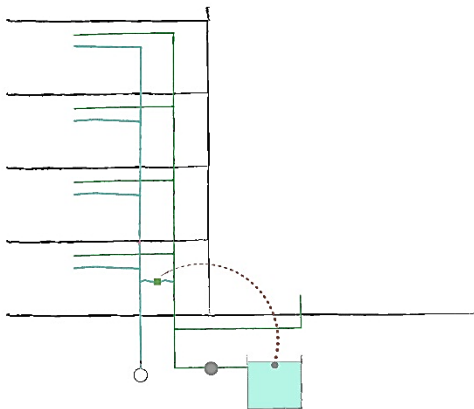


Imagen 4.4 Conexión entre el sistema de agua potable y pluvial

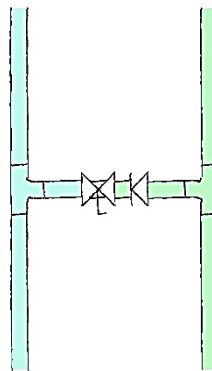


Imagen 4.5 Detalle de electroválvula y antirretorno

5. MEMORIA DE CÁLCULO

A continuación se detallan los cálculos necesarios para realizar la instalación hidráulica. Se analizarán, dimensionarán y detallarán todos los sistemas pertenecientes al agua potable –tanto fría como caliente-, a la recuperación y uso de agua pluvial y, además, a la recogida y evacuación de aguas residuales. Para ello, de ahora en adelante se tendrán en cuenta las siguientes especificaciones para realizar los cálculos.

Por lo que respecta al **proyecto del edificio**:

- Edificio de tipo docente
- Consta de 4 alturas (planta baja + 3 plantas)
- Altura suelo-techo 3.15 metros
- Altura libre en planta baja 3.15 metros y en el resto de plantas 2.60 metros
- Las instalaciones discurrirán por falso techo en las plantas superiores y en la planta baja por dentro de los casetones estructurales tipo Holedeck
- Cuartos húmedos:

Planta baja

1 cocina: 2 fregaderos no domésticos, 1 lavavajillas industrial y 1 vertedero

1 cuarto de baño: 1 lavabo y 2 inodoros con cisterna

2 grifos de limpieza exterior (≈ 2 lavabos)

Planta primera

1 cuarto de baño: 2 lavabos y 4 inodoros con cisterna

1 cuarto de baño: 2 lavabos, 3 urinarios y 1 inodoro con cisterna

1 cuarto de limpieza: 1 vertedero

Riego de jardín interior

Suministro de agua a muro húmedo

Planta segunda

1 cuarto de baño: 2 lavabos y 4 inodoros con cisterna

1 cuarto de baño: 2 lavabos, 3 urinarios y 1 inodoro con cisterna

1 cuarto de limpieza: 1 vertedero

2 vestuarios, cada uno con: 1 lavabo, 4 duchas y 1 inodoro con cisterna

Planta tercera

1 cuarto de baño: 2 lavabos y 4 inodoros con cisterna

1 cuarto de baño: 2 lavabos, 3 urinarios y 1 inodoro con cisterna

1 cuarto de limpieza: 1 vertedero

Suministro de agua a muro húmedo

En lo referente a la **red general de distribución**, se encuentra enterrada a 0.50 metros de profundidad. La empresa suministradora (Emasagra) garantiza una presión de 49 mca. Tal y como se ha explicado en el apartado 3.4, la presión es suficiente para un suministro directo de red. La conexión con dicha red se realiza por el Paseo Profesor Juan Ossorio, tal y como se indica en el plano.

Al tratarse de un edificio de uso público, se supone un contador general para todo el edificio y un montante común. La cafetería se considera una concesión, por lo que tendrá su propio contador divisionario y pagará su consumo al propietario del edificio.

Para terminar con las consideraciones previas, los **materiales** a utilizar serán los que seguidamente se detallan en consonancia con el Código Técnico de la Edificación. Para la acometida y la instalación general, se utilizará polietileno. Para el resto de la instalación, tanto montantes como derivaciones, se emplearán tuberías multicapa. En el caso de tuberías de evacuación –pluvial y residual- se empleará PVC. Los materiales plásticos y multicapa aportan ligereza, evitan la corrosión y, en el caso de pequeños diámetros, no necesitan empalmes porque se suministran en rollo. En cualquier caso, quedan prohibidas expresamente las tuberías en contacto con agua que sean de aluminio o cuya composición contenga plomo.

5.1. AGUA FRÍA POTABLE

5.1.1. Coeficiente de simultaneidad y caudal punta

Tal y como se estudió en la asignatura ‘Instalaciones Hidráulicas’, las fórmulas que se aplicarán son las siguientes:

Para cada vivienda:

$$k = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$$

Siendo, k el coeficiente de simultaneidad y n el número de aparatos.

Para todo el edificio:

$$k = \frac{19+n}{10(n+1)}$$

Siendo, k el coeficiente de simultaneidad y n el número de viviendas.

$$Qp = k * Qinst$$

Siendo, k el coeficiente de simultaneidad de cada vivienda ficticia y Qinst el caudal instalado total en cada vivienda.

Sin embargo estas fórmulas son aplicadas al caso de viviendas. Para poder aplicarlas, deberemos asimilar los cuartos húmedos del edificio estudio a un número determinado de viviendas. Así pues, nuestra vivienda ficticia podrá estar compuesta o por 2 baños; o por 2 vestuarios; o por 1 baños + 1 cocina.

- Vivienda A = un baño y una cocina de la planta baja
- Vivienda B= dos baños de la primera planta
- Vivienda C= dos baños de la segunda planta
- Vivienda D= dos vestuarios de la segunda planta
- Vivienda E= dos baños de la tercera planta

	Núm. aparatos	K cálculo	K* estimada	Q instalado	Qp (l/s)
Vivienda A	4	0.58	0.8	0.95	0.76
Vivienda B	4	0.58	0.8	0.40	0.32
Vivienda C	4	0.58	0.8	0.40	0.32
Vivienda D	10	0.33	0.8	1.80	1.44
Vivienda E	4	0.58	0.6	0.4	0.24

* El coeficiente de simultaneidad en todos los casos ha de ser mayor o igual a 0,2. Esta condición la cumple, sin embargo aumentaremos el coeficiente hasta 0.60 porque consideramos que la zona a la que sirven estos cuartos húmedos es un área de despachos, por lo tanto es más tranquila y sin tanto tráfico de gente, o 0.80 porque en otras plantas los aparatos se utilizarán simultáneamente la mayor parte del tiempo.

Para calcular el caudal punta del edificio, primero hemos de calcular el coeficiente de simultaneidad del mismo. Para todo ello, emplearemos estas dos fórmulas:

$$k = \frac{19+n}{10(n+1)}$$

Siendo, k el coeficiente de simultaneidad del edificio y n el número de viviendas ficticias.

$$Qp = k * (\sum Qp)$$

Siendo, Qp el caudal punta de cada vivienda ficticia.

$$Qp = 0,60 (0,76+0,32+0,32+1,44+0,24) = \mathbf{1,848 \text{ l/s}}$$

* El coeficiente de simultaneidad obtenido es demasiado bajo para un edificio público. Aumentaremos el coeficiente de 0,4 a 0,6, de este modo se considera que el 60% de los cuartos húmedos del edificio están siendo utilizados.

La situación más desfavorable para calcular la tubería de abastecimiento, es la utilización de los puntos de uso con agua fría dado que los caudales de éstos son mayores que los de agua caliente. No obstante, habrá que prever qué ocurre cuando el sistema de agua pluvial no funciona y ha de abastecerse con agua potable de la red. Efectivamente, el caudal punta del edificio aumentará respecto al calculado. Esto no será un problema ya que se dimensionará la tubería de entrada con una velocidad de 0.80 m/s, sabiendo que puede llegar hasta 2 m/s como máximo, lo cual cubrirá el caudal que se demande de más.

5.1.2. Dimensionamiento y pérdidas de carga

Para conocer el dimensionado de elementos y tuberías, y las pérdidas de carga en elementos singulares, emplearemos las siguientes fórmulas.

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{v * \pi}}$$

Siendo, Q el caudal circulante y v la velocidad de diseño impuesta.

$$h = k * \frac{v^2}{2 * g}$$

Siendo, k el coeficiente de pérdidas, v la velocidad real circulante por el elemento y g la aceleración de la gravedad.

- Longitud equivalente= 20%
- Rugosidad tubería= 0,1mm
- Viscosidad cinemática= 0,000011 m²/s

Se tomarán como valores fijos las pérdidas localizadas en el filtro de 2 mca y en el grupo de bombeo de 5 mca. El coeficiente de pérdidas para la VRG será de 5, para el contador general y el contador divisionario se detalla en las siguientes tablas.

Contador general

DN (mm)	Q _{max} (m ³ /h)	k
15	3	8,8
20	5	10
25	7	12,5
30	10	12,7
40	20	10
50	30	6,5
65	50	5,6
80	80	5,0
100	120	4,4
150	300	3,5
200	500	4,0

D contador divisionario (mm)	k
15	8,8
20	10

D llave entrada (mm)	k
15	3,5
20	8,2
25	5

D llave salida(mm)	k
15	4,2
20	9,8
25	6

5.1.3. Presión en los puntos más desfavorable y menos desfavorable

Como veremos seguidamente en los cálculos, la presión en el punto más desfavorable –grifo del lavabo de tercera planta 3- es de 31,74 mca. Al ser mayor de 10 mca, no es necesario un grupo de bombeo.

A su vez, la presión en el punto menos desfavorable –lavavajillas de la cafetería de planta baja- es de 39,94 mca. Siendo una presión elevada, no necesitará válvula reductora porque no supera los 50 mca.

Las tablas empleadas para el dimensionamiento son las siguientes.

Tubería Multicapa

Dimensión (mm)	Diámetro interior (mm)	Peso barra (gr/cm)	Volúmen agua (l/m)	Rugosidad (mm)	Conductiv. (W/mk)	Coefficien. dilatación (m/mk)	Temperat. continua máx (°C)	Temperat. puntual máx (°C)	Fuerza trabajo máx (bar)
16 x 2,0	12	107	0,113	0,0004	0,4	25x10 ⁻⁶	90	110	10
18 x 2,0	14	125	0,153	0,0004	0,4	25x10 ⁻⁶	90	110	10
20 x 2,25	15,5	153	0,190	0,0004	0,4	25x10 ⁻⁶	90	110	10
25 x 2,50	20	210	0,314	0,0004	0,4	25x10 ⁻⁶	90	110	10
32 x 3,0	26	325	0,531	0,0004	0,4	25x10 ⁻⁶	90	110	10
40 x 4,0	32	508	0,803	0,0004	0,4	25x10 ⁻⁶	90	110	10
50 x 4,5	41	720	1,320	0,0004	0,4	25x10 ⁻⁶	90	110	10
63 x 6,0	51	1220	2,042	0,0004	0,4	25x10 ⁻⁶	90	110	10
75 x 7,5	60	1765	2,827	0,0004	0,4	25x10 ⁻⁶	90	110	10
90 x 8,5	73	2556	4,185	0,0004	0,4	25x10 ⁻⁶	90	110	10
110 x 10	90	3625	6,351	0,0004	0,4	25x10 ⁻⁶	90	110	10

TUBOS POLIETILENO ALTA DENSIDAD BANDA AZUL PE 100					
10 ATMOSFERAS (1 MPa)					
Ø Ext mm	m/rollo	Esp mm	SR: Serie BP: Bajo Pedido	CÓDIGO	€/ m
25	100	2,0	SR	1002052	0,63
32	100	2,0	SR	1002055	0,83
40	100	2,4	SR	1002058	1,09
50	100	3,0	SR	1002061	1,71
63	100	3,8	SR	1002040	2,68
75	100	4,5	SR	1002043	3,79
90	50	5,4	SR	1002045	5,45
110	50	6,6	BP	1002047	7,70
63		3,8	BP	1002143	2,68
75		4,5	BP	1002144	3,79
90		5,4	BP	1002116	5,45
110		6,6	BP	1002083	7,70
125		7,4	SR	1002084	9,83
140		8,3	SR	1002085	12,34
160		9,5	SR	1002086	16,11
180		10,7	BP	1002087	20,38
200		11,9	SR	1002088	25,15
250		14,8	SR	1002095	39,10

AGUA FRÍA EN PLANTA TERCERA (punto más desfavorable)

Nombre tramo	Q cálc (l/s)	V diseño (m/s)	D teórico (mm)	Material	DN (mm)	D int (mm)	V (m/s)	L real (m)	L cálc (m)	hf (mca)	J tramo (mmca/m)	k	h loc (mca)	h loc fija (mca)	Aport energ (mca)	Cota (m)	Presión (mca)
RGD															49	-0,5	49,00
Acomet	1,848	0,80	54,2	PE 100	63	55,4	0,77	28,44	34,128	0,500		15				-0,5	48,50
Tub alim	1,848	0,80	54,2	PE 100	63	55,4	0,77	3,5	4,2	0,061		15				0,5	47,44
Filtro	1,848	0,80												2		0,5	45,44
CG	1,848	0,80	54,2			65	0,56					5,6	0,089			0,5	45,35
VRG	1,848	0,80	54,2			65	0,56					5	0,079			0,5	45,27
VRM	1,848	0,80	54,2			65	0,56					5	0,079			1,2	44,49
VRM-d	0,240	0,60	22,6	Multicap	32	26	0,45	11,95	14,34	0,209		15				13,95	31,53
d-A	0,240	0,60	22,6	Multicap	32	26	0,45	7	8,4	0,123		15				13,95	31,41
A-D	0,200	0,60	20,6	Multicap	32	26	0,38	2	2,4	0,025		10				13,95	31,39
D-E	0,200	0,60	20,6	Multicap	32	26	0,38	3	3,6	0,038		10				13,95	31,35
E-F	0,100	0,60	14,6	Multicap	20	15,5	0,53	0,8	0,96	0,037		39				13,95	31,31
F-Lav 2	0,100	0,60	14,6	Multicap	20	15,5	0,53	0	2,3	0,089		39				11,65	33,52

AGUA FRÍA EN PLANTA BAJA (punto menos desfavorable)

Nombre tramo	Q cálc (l/s)	V diseño (m/s)	D teórico (mm)	Material	DN (mm)	D int (mm)	V (m/s)	L real (m)	L cálc (m)	hf (mca)	J tramo (mmca/m)	k	h loc (mca)	h loc fija (mca)	Aport energ (mca)	Cota (m)	Presión (mca)
VRG	1,848	0,80	54,2			65	0,56					5	0,08			0,5	45,27
VRM	1,848	0,80	54,2			65	0,56					6	0,09			1,2	44,48
V ent CD	0,760	0,80	34,8			25	1,55					5	0,61			3,15	41,92
CD	0,760	0,80	34,8			20	2,42					10	2,98			3,15	38,93
V SAL cd	0,760	0,80	34,8			25	1,55					6	0,73			3,15	38,20
a-A	0,760	0,60	40,2	Multicap	50	41	0,58	15,5	18,6	0,234		13				3,15	37,97
A-Lavav	0,100	0,60	14,6	Multicap	20	15,5	0,53	7,07	8,484	0,329		39				0,85	39,94

5.1.4. Definición de material y diámetros de la instalación

Seguidamente se detallan los materiales, diámetros, longitudes y caudales de la red de tuberías de agua fría potable. Para poder entender claramente estas tablas, nos serviremos del ‘esquema suministros agua fría’.

Material: Multicapa

Tramo	Qins (l/s)	n° ap	k	k est	Q cálc (l/s)	V diseñ (m/s)	D teor (mm)	DN (mm)	DN int (mm)	V real (m/s)
PLANTA BAJA										
a-A	0,95	4	0,58	0,8	0,76	0,6	40,2	50	41	0,58
A-Lav	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
A-B	0,85	3	0,71	-	0,60	0,6	35,7	50	41	0,46
B-C	0,85	3	0,71	-	0,60	0,6	35,7	50	41	0,46
C-Lava	0,25	1	1,00	-	0,25	0,6	23,0	32	26	0,47
C-D	0,60	2	1,00	-	0,60	0,6	35,7	50	41	0,45
D-Freg1	0,30	1	1,00	-	0,30	0,6	25,2	32	26	0,57
D-E	0,30	1	1,00	-	0,30	0,6	25,2	32	26	0,57
E-Freg2	0,30	1	1,00	-	0,30	0,6	25,2	32	26	0,57
PLANTA PRIMERA										
b-A	0,40	4	0,58	0,8	0,32	0,6	26,1	40	32	0,40
A-B	0,20	2	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
B-Lav1	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
B-C	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
C-Lav2	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
A-D	0,20	2	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
D-E	0,20	2	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
E-Lav1	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
E-F	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
F-Lav2	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53

PLANTA SEGUNDA										
c-A	2,20	14	0,28	0,8	1,76	0,6	61,1	90	73	0,42
A-B	0,20	2	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
B-Lav1	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
B-C	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
C-Lav 2	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
A-D	2,00	12	0,30	-	0,60	0,6	35,8	50	41	0,46
D-E	0,20	2	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
E-Lav1	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
E-F	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
F-Lav2	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
D-G	1,80	10	0,33	-	0,60	0,6	35,7	50	41	0,45
G-H	0,90	5	0,50	-	0,45	0,6	30,9	40	32	0,56
H-Lav1	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
H-I	0,80	4	0,58	-	0,46	0,6	31,3	40	32	0,57
I-Ducha1	0,20	1	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
I-J	0,60	3	0,71	-	0,42	0,6	30,0	40	32	0,53
J-Ducha2	0,20	1	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
J-K	0,40	2	1,00	-	0,40	0,6	29,1	40	32	0,50
K-Ducha3	0,20	1	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
K-L	0,20	1	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
L-Ducha4	0,20	1	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
G-M	0,90	5	0,50	-	0,45	0,6	30,9	40	32	0,56
M-N	0,90	5	0,50	-	0,45	0,6	30,9	40	32	0,56
N-Lav1	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
N-O	0,80	4	0,58	-	0,46	0,6	31,3	40	32	0,57
O-Ducha1	0,20	1	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38

O-P	0,60	3	0,71	-	0,42	0,6	30,0	40	32	0,53
P-Duch2	0,20	1	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
P-Q	0,40	2	1,00	-	0,40	0,6	29,1	40	32	0,50
Q-Ducha3	0,20	1	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
Q-R	0,20	1	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
R-Ducha4	0,20	1	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38

PLANTA TERCERA

d-A	0,40	4	0,58	0,6	0,24	0,6	22,6	32	26	0,45
A-B	0,20	2	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
B-Lav1	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
B-C	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
C-Lav2	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
A-D	0,20	2	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
D-E	0,20	2	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
E-Lav1	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
E-F	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
F-Lav2	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53

5.2. AGUA PLUVIAL

Los pasos que debemos tener en cuenta para realizar este estudio son los siguientes. En primer lugar, tenemos que saber la necesidad anual de agua no potable que demanda el edificio (N) y la cantidad de agua que podemos recoger anualmente (A). Comparando estos dos datos podremos conocer si es viable la instalación de este sistema o debemos descartar algún uso de agua no potable. En segundo lugar, suponiendo que el sistema es viable, calcularemos las medidas óptimas de los depósitos según los usos que vayan a abastecer –recordemos que hay uno en cubierta y uno enterrado-.

Una vez calculadas dichas medidas, procederemos a comprobar si es posible que el riego funcione por diferencia de cota, sin estación de bombeo. Y, a su vez, calcularemos el grupo de presión necesario para que el depósito enterrado abastezca a la totalidad del edificio.

5.2.1. Estimación del agua recogida y demanda de agua no potable

Suministros	Base de cálculo	Consumo medio diario	Consumo medio anual
	Usos	Litros	
Cisterna inodoro	1	6	1284
	3 usos día de 8L/pers		(Lxpers/día) (Lxpers/año)
	Usos	Litros	
Cisterna urinario	1	3	642
	3 uso día de 3,2L/pers		(Lxpers/día) (Lxpers/año)
	Usos	Litros	
Vertedero	1	3	642
	1 uso día de 3L/pers		(Lxpers/día) (Lxpers/año)
	Usos	Litros	
Grifo limpieza	1	3	642
	1 uso día de 3L/pers		(Lxpers/día) (Lxpers/año)
	Usos	Litros	
Muro húmedo	1	3	642
	1 uso diarios de 3L		(Litros/día) (Litros/año)
	Días sequía	Litros	
Riego jardín	30	2	60
	2L por día de sequía		(Lxm2/año)

*año 214 días laborables

Demanda en planta baja:

Usuarios utilizan el sistema	nº usuarios	k	nº total usuarios	
Empleados recepción	2	0,5	1	
Empleados cafetería	2	1	2	
Usuarios cafetería	66	0,8	53	*se redondea
Suministro	nº aparatos o m2	nº personas	Consumo diario (L/día)	Consumo anual (L/año)
Cisterna inodoro	2	27	324	69.336,0
Vertedero	1	2	6	1.284,0
Grifos limpieza	2	1	6	1.284,0
				71.904,0

Demanda en planta primera:

Usuarios utilizan el sistema	nº usuarios	k	nº total usuarios	
Empleados limpieza	2	1	2	
Usuarios edificio	155	0,8	124	*se redondea
Suministro	nº aparatos o m2	nº personas	Consumo diario (L/día)	Consumo anual (L/año)
Cisterna inodoro (mujeres)	4	16	384	82.176,0
Cisterna inodoro (hombres)	1	16	96	20.544,0
Cisterna urinario (hombres)	3	16	144	30.816,0
Vertedero	1	2	6	1284
Muro húmedo*	1	-	3	642,0
Jardín interior	19,38	-	-	1.162,8
				135.982,8

Demanda en planta segunda:

Usuarios utilizan el sistema	nº usuarios	k	nº total usuarios	
Empleados limpieza	2	1	2	
Usuarios gimnasio	51	0,8	41	*se redondea
Usuarios resto edificio	157	0,8	126	*se redondea
Suministro	nº aparatos o m2	nº personas	Consumo diario (L/día)	Consumo anual (L/año)
Cisterna inodoro (mujeres)	4	16	384	82.176,0
Cisterna inodoro (hombres)	1	16	96	20.544,0
Cisterna urinario (hombres)	3	16	144	30.816,0
Vertedero	1	2	6	1284
Cisterna inodoro gimnasio (mujeres)	1	21	126	26.964,0
Cisterna inodoro gimnasio (hombres)	1	21	126	26.964,0
				188.748,0

Demanda en planta tercera:

Usuarios utilizan el sistema	nº usuarios	k	nº total usuarios	
Empleados limpieza	2	1	2	
Usuarios edificio	56	0,8	45	*se redondea
Suministro	nº aparatos o m2	nº personas	Consumo diario (L/día)	Consumo anual (L/año)
Cisterna inodoro (mujeres)	4	6	144	30.816,0
Cisterna inodoro (hombres)	1	6	36	7.704,0
Cisterna urinario (hombres)	3	6	54	11.556,0
Vertedero	1	2	6	1284
Muro húmedo*	1	-	3	642,0
				51.360,0

Demanda en jardín exterior:

Suministro	n° aparatos o m2	n° personas	Consumo diario (L/día)	Consumo anual (L/año)
Jardín interior	1911,8	-	-	114.708,0
				114.708,0

* El muro húmedo no se tiene en cuenta en los cálculos, ya que es agua que va estar continuamente reutilizándose.

Según estos datos, Según estos cálculos el consumo anual de agua no potable (N) es de **562.702,8 L/año** (447.994,8 L/año del edificio, 114.708 L/año del jardín exterior). Por lo tanto, el consumo del jardín exterior es de aproximadamente un 25.6% del edificio. Asimismo, el depósito en cubierta que necesitaremos para abastecer el jardín serán un 74.4% menor al depósito que necesitaremos enterrado para abastecer el edificio. Con esto se consigue no sobrecargar en exceso la estructura y tener depósitos independientes para riego y consumo humano no potable.

Es importante mencionar el ajuste de estos cálculos. Se ha supuesto que el edificio de enseñanza abre 8 de la mañana a 8 de la tarde. Además, cerrará sus puertas los fines de semana (132 días), la mitad del mes de julio (15 días) y el mes de agosto (30 días). Por lo tanto, estará en funcionamiento 214 días. Con respecto a las necesidades de los usuarios, se ha supuesto que el 80% utilizan los cuartos húmedos una vez al día. O, lo que es lo mismo, el 20% de los usuarios utilizan dos veces los cuartos húmedos y el 40% los utilizan una vez. En los cuartos húmedos, se supone que los usuarios de cada planta son 50% hombres y 50% mujeres.

Conociendo la cantidad de agua no potable que necesitamos, podemos averiguar el agua pluvial que es posible recoger para saber si el sistema es viable. Con los datos de pluviometría anual, los metros cuadrados de superficie de captación y los siguientes coeficientes de escorrentía (F), podremos calcular qué cantidad de agua pluvial podemos recoger (A).

Tipo de superficie	Coef. de escorrentía (F)
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

$$A = FxMxP$$

Siendo, F el factor de superficie, M los metros cuadrados de superficie y P la pluviometría media anual.

Dado que la precipitación media anual es de 352 L/m2, podemos obtener **571.552,3** litros al año.

Superficie	Coef escorrentía	m2	Precip media (L/m2/año)	L/año
Cubierta principal				
Tejado plano sin gravilla	0,8	1675,76	352	471.894,0
Terraza instalación				
Tejado plano sin gravilla	0,8	259	352	72.934,4
Terraza (20%)				
Tejado plano sin gravilla	0,8	39,52	352	11.128,8
Patio				
Tejado plano sin gravilla	0,8	55,38	352	15.595,0
				571.552,3

Según estos supuestos, la instalación del sistema e recuperación de agua se considera viable ya que el agua de lluvia que podemos recoger es ligeramente superior al agua que necesitamos en el edificio y jardín ($N > A$; $571.552,3 > 562.702,8$). En el caso de que se precisara más cantidad de agua no potable, se abastecería de la red general tal y como se ha indicado en el esquema del apartado 4.3.

5.2.2. Cálculo medida óptima de los depósitos

Tenemos que estudiar dos casos: depósito/s en planta tercera que abastecerán al jardín y depósito/s enterrados que abastecerán al edificio. Tomaremos como base para conocer la medida óptima, la siguiente fórmula:

$$Medida = \frac{N \times E}{365}$$

Siendo, N el consumo de agua no potable demandada y E el período entre lluvias -días de sequía-.

Primeramente, calcularemos el volumen del **depósito/s situado en planta tercera**. Debemos tener en cuenta que este depósito sólo da servicio al jardín exterior, por lo tanto tendremos recoger el agua de lluvia sólo de las divisiones en cubierta que nos aseguren la demanda. El resto, se destinará al llenado del depósito/s enterrado. Dada que la demanda anual del jardín es de 114.708 L, la medida del depósito óptima será de:

$$Medida = \frac{114.708 \times 30}{365} = 9.428,05 \text{ Litros}$$

Se decide repartir este volumen en 3 depósitos, para facilitar una carga más repartida en la estructura. Cada depósito tendrá un volumen de 3.142,68 Litros. Sin embargo, debemos tener en cuenta que alrededor del 15-20% del depósito no se utiliza, ya que en existe un volumen muerto en el fondo que contiene sedimentos. Por lo tanto, aumentaremos el volumen de cada depósito un 20%. Cada depósito tendrá un volumen aumentado de 3.771,22 Litros. Cogemos el inmediatamente superior que nos ofrezca la casa

comercial. Además, recordemos que el efecto sísmico en Granada es importante y más cuando se sitúa en plantas elevadas. Por eso elegiremos depósito de poca altura y gran superficie.

En este ejercicio, se ha escogido la casa comercial PLAREX S.L, la cual nos ofrece instalar 3 depósitos horizontales con apoyos de 4000 Litros cada uno, de 1.30 metros de diámetro y 3 metros de longitud.



Imagen 5.1 Depósito horizontal (aéreo)

Diametro (metros)	Altura (metros)							
	1.20	1.30	1.50	1.70	2.00	2.50	2.75	3.00
Capacidad (litros)								
1000	1.10							
2000	1.75							
3000	2.70	2.30						
4000		3.00	2.25					
5000			2.85	2.20				
6000			3.40	2.70				
8000				3.50	2.60			
10000					3.20			
12000					3.80			
15000					4.80	3.05		
20000						4.10	3.35	
25000						5.10	4.20	3.55
30000							5.50	4.25
35000								4.95

Cabe destacar la previsión ante lluvias torrenciales que se ha tenido en cuenta a la hora del diseño de estos depósitos. En el caso de que lloviera de manera intensa y continua y los depósitos no pudieran recoger la totalidad del agua de lluvia, ésta se evacuaría por una red de tuberías y contribuirían al llenado del depósito enterrado. A su vez, si el depósito enterrado no pudiera almacenar la totalidad de agua pluvial, ésta pasaría a la general de aguas pluviales.

Seguidamente, se calculará el volumen del **depósito/s enterrado** que da servicio al edificio. Dada que la demanda anual del edificio es de 447.994,8 L, la medida del depósito óptima será de:

$$Medida = \frac{447.994,8 \times 30}{365} = 36.821,49 \text{ Litros}$$

Se decide repartir este volumen en 2 depósitos, para facilitar el transporte y la colocación de los mismos. Cada depósito anclado a la losa tendrá un volumen de 18.410,75 Litros. Sin embargo, igual que en caso anterior, deberemos aumentar este volumen un 20%. Entonces, cada depósito tendrá un volumen de 22.092,89 Litros. Cogemos el inmediatamente superior que nos ofrezca la casa comercial. Siguiendo con la misma empresa, *PLAREX SL*, se colocarán dos depósitos enterrados de 25.000 Litros cada uno, de 3 metros de diámetro y 3.55 metros de longitud.

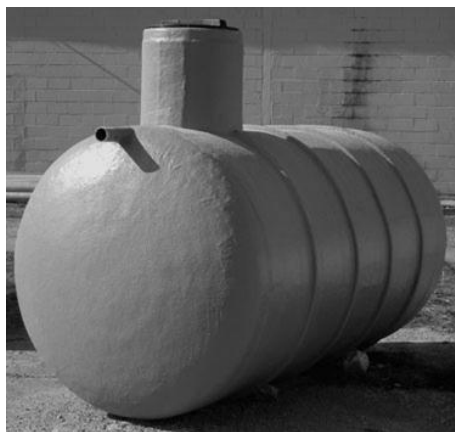


Imagen 5.2 Depósito horizontal (enterrado)

Diámetro (metros)	Altura (metros)							
	1.20	1.30	1.50	1.70	2.00	2.50	2.75	3.00
Capacidad (litros)								
1000	1.10							
2000	1.75							
3000	2.70	2.30						
4000		3.00	2.25					
5000			2.85	2.20				
6000			3.40	2.70				
8000				3.50	2.60			
10000					3.20			
12000					3.80			
15000					4.80	3.05		
20000						4.10	3.35	
25000						5.10	4.20	3.55
30000							5.50	4.25

Para estos depósitos enterrados, debemos tener en cuenta el **principio de Arquímedes** el cual expresa que “un cuerpo sumergido en un fluido en reposo, recibe un empuje hacia arriba igual al peso del volumen del fluido que desaloja”. Pero... ¿cómo interviene esto en los depósitos enterrados? Para entenderlo supongamos que los depósitos se encuentran en una caja. Si en algún momento se producen lluvias torrenciales que inunden dicha caja, los depósitos que estén parcialmente vacíos podrían flotar, rompiendo la instalación y, en casos extremos, saliendo a superficie. Sin embargo, podríamos pensar que los depósitos siempre estarán llenos en época de lluvias. Y bien, aunque estén parcialmente llenos, puede darse la situación de que el agua se filtre a la caja más rápidamente que el llenado de los depósitos. Dicho esto, para evitar tal desagradable situación deberíamos calcular una losa de fondo, una losa de techo y unas paredes de hormigón armado que pesarán igual que el volumen de agua desalojado.

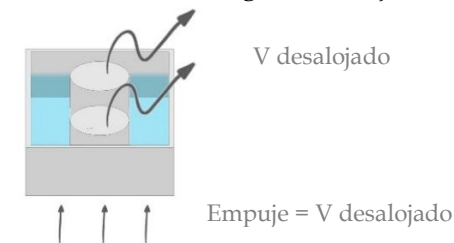


Imagen 5.3 Principio de Arquímedes

5.2.3. Presión en el punto más desfavorable

En el caso de los depósitos en tercera planta, se estudiará la necesidad de grupo de bombeo dado que el punto a abastecer está en cota cero. No obstante, en el caso de los depósitos enterrados se precisará bombeo puesto que los puntos de suministros están a cotas más elevadas que él mismo.

En el caso de los **depósitos en tercera planta**, la situación más desfavorable es el último punto de la red madre de riego. No tomamos como referencia el último punto de goteo ya que se emplearán goteros autocompensado, es decir, que al principio y al final de la longitud del tubo, tienen la misma presión (hasta un máximo de 100 metros). En este caso emplearemos el riego por goteo autocompensado de la *NETAFIM*.

Caudal (l/h)	Presión máx y mín (mca)	Tuberías 16x13.2 mm				
		Distancia entre goteros (m)				
		0.25	0.5	0.75	1	1.25
2.5	30-5	107	183	246	301	351
	25-5	97	165	222	272	316
	20-5	84	143	192	235	273
4	30-5	68	117	157	193	225
	25-5	62	106	142	174	203



Imagen 5.4 Suministro y tipo de goteo autocompensado

AGUA PLUVIAL DE RIEGO EN JARDÍN (punto más desfavorable)

Nombre tramo	Q cálc (l/s)	V diseño (m/s)	D teórico (mm)	Material	DN (mm)	D int (mm)	V (m/s)	L real (m)	L cálc (m)	hf (mca)	J tramo (mmca/m)	Cota (m)	Presión (mca)
Depósito												10,9	0,00
Depósito-montante	0,368	0,60	28,0	PE 100	32	28	0,60	6,81	6,81	0,151	22	10,35	0,40
Montante-A	0,368	0,60	28,0	PE 100	32	28	0,60	11,40	11,4	0,253	22	-0,5	11,00
A-B	0,335	0,60	26,7	PE 100	32	28	0,60	43,11	43,1148	0,976	23	-0,5	10,02
B-C	0,162	0,60	18,5	PE 100	25	21	0,47	32,40	32,395	0,667	21	-0,5	9,35
C-D	0,087	0,60	13,6	PE 100	25	21	0,25	18,00	18	0,121	7	-0,5	9,23
D-E	0,087	0,60	13,6	PE 100	25	21	0,25	52,80	52,8	0,356	7	-0,5	8,88
E-gotero autocompens	0,087	0,60	13,6	PE 100	25	21	0,25	0	0	-	-	0	8,38

Con estos resultados, observamos que en el último punto de la red madre, la presión es de 8.38 mca. Dado que no es inferior a 5mca, como indica la casa comercial elegida para los goteros autocompensado, es posible abastecer todos los puntos de riego con una presión suficiente y compensada.

Una hipótesis que debemos tener en cuenta es qué ocurre cuando en el depósito no hay suficiente agua para el riego. En este caso, como ya se ha mencionado anteriormente, se dispone de una electroválvula que permite el paso de agua potable (con válvula antiretorno). Sin embargo, debemos tener en cuenta que la presión de red de 49 mca es demasiado elevada para el sistema de goteo que como máximo admite 30 mca según la tabla del fabricante. Por lo tanto, será necesaria la instalación de una **válvula reductora** de presión al pie de la bajante de riego.

Los **depósitos en tercera planta** necesitarán estación de bombeo para dar suministro a las plantas del edificio. En este caso, se recurre a bombas de velocidad variable (BVV), cada vez más utilizadas en el mercado debido a sus múltiples ventajas respecto a las de velocidad fija.

Su funcionamiento es sencillo debido a la incorporación de variadores de frecuencia. El motor de las bombas funcionará más rápidamente o lentamente (rpm) según las necesidades de caudal que se precisen. Dicho de otro modo, si abrimos unos pocos grifos en el edificio, la bomba arrancará de forma suave y funcionará más lentamente, lo justo para mantener la presión necesaria. De otra forma, si la mayor parte de los usos de consumo de agua están en funcionamiento, la bomba arrancará con mayor rapidez proporcionando mayor caudal y presión. Las ventajas que presenta la utilización de variadores de frecuencia son:

- Ahorro en el consumo eléctrico, lo que se traduce en ahorro monetario.
- Disminución de los ruidos y las vibraciones.
- No precisa calderín, por tanto reduce el espacio de instalación.
- Evitan las cavitaciones en las bombas hidráulicas.
- Precisan menos mantenimiento.
- Arrancan de forma suave, evitando el golpe de ariete.
- Más coste inicial, pero amortización rápida.

A continuación, se detallan los cálculos para conocer cuántas y qué tipo de bombas necesitamos colocar. En primer lugar es preciso determinar si es necesaria una o dos estaciones de bombeo. En el caso de edificio de gran altura, es posible que con un único grupo de bombeo no se resuelva el sistema. La instalación de un único grupo precisaría de una bomba de gran altura o la instalación de varias en serie, siendo necesario además, la instalación masiva de válvulas reductoras de presión en las plantas bajas. Sin embargo, se estima que cada 5 o 6 plantas se instale una estación de bombeo. En nuestro edificio estudio de 4 plantas, sólo se precisará un **único grupo de bombas**.

Para conocer el número de bombas que tendrá nuestra estación de bombeo, hemos de averiguar el caudal punta que deben suministrar. Para ello, se resolverán todos los suministros estableciendo unas viviendas ficticias, del mismo modo que se ha hecho en los cálculos de agua fría potable.

	Núm. aparatos	K cálculo	K* estimada	Q instalado	Qp (l/s)
Vivienda A	6	0.45	0.8	0.713	0.57
Vivienda B	10	0.33	0.7	1.10	0.77
Vivienda C	9	0.35	0.8	0.40	0.656
Vivienda D	2	1.00	1.0	0.20	0.200
Vivienda E	10	0.33	0.6	1.10	0.660

* Igual que en el caso de agua fría potable, mayoraremos el coeficiente según el uso que tenga cada cuarto húmedo. Igual que en caso del coeficiente para el caudal punta del edificio.

$$Q_p = 0,60 (0,57+0,77+0,656+0.20+0,66) = 1,71 \text{ l/s}$$

Dado que el caudal punta a suministrar es de 1,573 l/s < 3 l/s, sólo se necesitará una estación de bombeo con **una bomba más otra de reserva** (2 bombas en total). La altura de la bomba (Hb) se conoce mediante:

$$H_b = P_{grif} + Z_{grif} + hf + hl - P_{dep} - Z_{dep}$$

De tal forma, la presión mínima exigida en el grifo es de 10 mca. La altura del grifo más desfavorable –en este caso el vertedero- respecto al depósito es de 11.65 metros. Las pérdidas localizadas se estimarán sólo en el grupo de bombeo de 5 mca, ya que aguas abajo no hay contador general ni divisionarios, ni tampoco válvula de retención general. La presión en el depósito que está a cota -0.8 metros es de 0 mca. Las pérdidas de fricción se calcularán aumentando la longitud de tuberías un 20% y con una pendiente hidráulica de 0.040 mca/m, dada la siguiente fórmula:

$$hf = L_{real} * 1,2 * 0,04 = 30 * 1,2 * 0,04 = 1,44 \text{ mca}$$

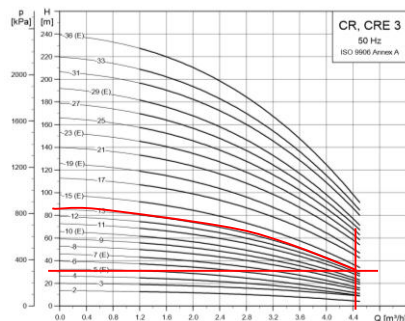
$$H_b = 10 + 11,65 + 1,44 + 5 - 0,8 - (-0,8) = 28,09 \text{ mca}$$

Dado estos datos, podemos calcular la altura de bomba aplicando la fórmula antes mencionada. La altura de la bomba será de **28.09 mca**. A continuación se muestran los resultados mediante los cálculos realizados con Excel. Observamos que varían ligeramente ($H_b=27.79=28.09 \text{ mca}$) por la simplificación de utilizar pendiente hidráulica (j) Se tomará el valor de Excel para elegir el tipo de bomba.

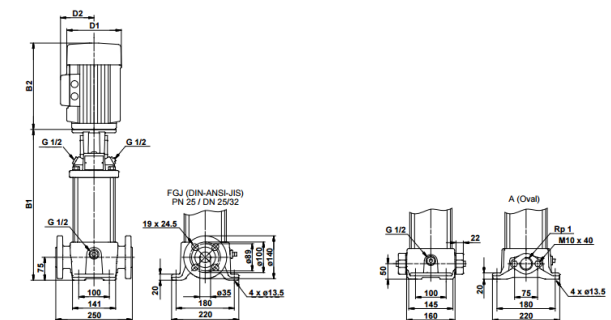
AGUA PLUVIAL EN PLANTA TERCERA (punto más desfavorable)

Nombre tramo	Q cálc (l/s)	V diseño (m/s)	D teórico (mm)	Material	DN (mm)	D int (mm)	V (m/s)	L real (m)	L cálc (m)	hf (mca)	J tramo (mmca/m)	h loc (mca)	h loc fija (mca)	Aport energ (mca)	Cota (m)	Presión (mca)
Depósito														0	-0,8	0,00
Est bombeo													5	27,79	0	21,99
EB-monta	1,71	0,80	52,2	PE 100	63	55,4	0,71	2,78	2,78	0,035	13				0	21,95
monta-d	1,71	0,80	52,2	Multicap	63	55,4	0,71	3,50	3,50	0,044	13				13,95	7,96
d-A	0,66	0,60	37,4	Multicap	50	41	0,50	13,95	13,95	0,135	10				13,95	7,82
A-F	0,23	0,60	22,2	Multicap	32	26	0,44	2,40	2,40	0,033	14				13,95	7,79
F-K	0,30	0,60	25,2	Multicap	32	26	0,57	1,25	1,25	0,027	22				13,95	7,76
K-Verted	0,20	0,60	20,6	Multicap	32	26	0,38	6,125	6,13	0,064	10				11,65	10,00

A partir de estos cálculos, podemos elegir el modelo de bomba. Con una altura de bombeo de 27.79 mca y un caudal de 1.71 l/s (4.75 m3/h), la bomba de velocidad variable de la marca GRUNDFOS que elegiremos será el modelo CR3-13.



Tipo de bomba	Motor P ₂ [kW]	CRU/CRN								CRIE/CRNE							
		Dimensiones [mm]				Peso neto [kg]				Dimensiones [mm]				Peso neto [kg]			
		PJE/CA B1	Brida DIN B1+B2	D1	D2	PJE/CA B1	Brida DIN B1+B2	D1	D2	PJE/CA B1	Brida DIN B1+B2	D1	D2	PJE/CA B1	Brida DIN B1+B2	D1	D2
CRU/CRN 1-2	0,37	257	448	282	473	141	109	16	20	-	-	-	-	-	-	-	-
CRI(E)CRN(E) 1-3	0,37	257	448	282	473	141	109	16	21	257	448	282	473	141	140	19	23
CRU/CRN 1-4	0,37	275	466	300	491	141	109	17	21	-	-	-	-	-	-	-	-
CRU/CRN 1-5	0,37	293	484	318	509	141	109	20	21	-	-	-	-	-	-	-	-
CRU/CRN 1-6	0,37	311	502	336	527	141	109	18	22	-	-	-	-	-	-	-	-
CRI(E)CRN(E) 1-7	0,37	329	520	354	545	141	109	18	22	329	520	354	545	141	140	21	25
CRU/CRN 1-8	0,55	347	538	372	563	141	109	19	23	-	-	-	-	-	-	-	-
CRU/CRN 1-9	0,55	365	556	390	581	141	109	20	24	-	-	-	-	-	-	-	-
CRU/CRN 1-10	0,55	383	574	408	599	141	109	20	24	-	-	-	-	-	-	-	-
CRI(E)CRN(E) 1-11	0,55	401	592	426	617	141	109	20	24	401	592	426	617	141	140	23	27
CRU/CRN 1-12	0,75	425	656	450	681	141	109	23	27	-	-	-	-	-	-	-	-
CRU/CRN 1-13	0,75	443	674	468	699	141	109	23	28	-	-	-	-	-	-	-	-
CRI(E)CRN(E) 1-15	0,75	479	710	504	735	141	109	24	28	479	710	504	735	178	167	27	31
CRU/CRN 1-17	1,1	515	746	540	771	141	109	27	31	-	-	-	-	-	-	-	-



Es muy importante explicar la **posición de la bomba respecto del depósito**. La bomba se encuentra en la planta baja, de manera fácilmente accesible para su mantenimiento. En cambio, debido a las grandes dimensiones de los depósitos que abastecen al edificio, se encuentran enterrados junto con la cimentación. Esta disposición obliga a colocar una **válvula de pie** (válvula de retención sumergida) para mantener cebada la bomba. Es decir, con la válvula de pie se asegura que haya agua en la tubería de aspiración de la bomba. Si no se colocase esta válvula, la tubería se llenaría de aire y la bomba no funcionaría.

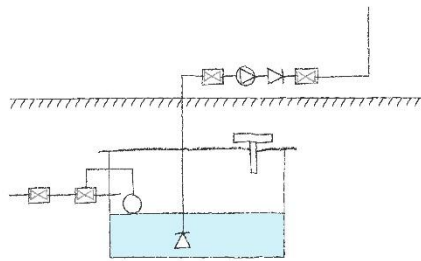


Imagen 5.5 Válvula de pie en depósito enterrado

5.2.4. Definición de material y diámetros de la instalación

Seguidamente se detallan los materiales, diámetros, longitudes y caudales de la red de tuberías de agua pluvial. Para poder entender claramente estas tablas, nos serviremos del ‘esquema suministros agua pluvial’.

Material: Multicapa

Tramo	Q _{ins} (l/s)	n° ap	k	k est	Q cálc (l/s)	V diseñ (m/s)	D teor (mm)	DN (mm)	DN int (mm)	V real (m/s)
PLANTA BAJA										
a-A	0,713	6	0,45	0,8	0,57	0,6	34,8	50	41	0,43
A-Glim	0,15	1	1,00	-	0,15	0,6	17,8	25	20	0,48
A-B	0,56	5	0,50	-	0,28	0,6	24,4	32	26	0,53
B-C	0,30	3	0,71	-	0,21	0,6	21,2	32	26	0,40
C-D	0,20	2	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38

D-Ino1	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
D-E	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
E-Ino2	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
C-F	0,20	1	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
F-Vert	0,20	1	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
B-G	0,16	2	1,00	-	0,16	0,6	18,6	25	20	0,52
G-Rjar	0,01	1	1,00	-	0,01	0,6	5,2	16	14	0,08
G-H	0,15	1	1,00	-	0,15	0,6	17,8	25	20	0,48
H-Glim	0,15	1	1,00	-	0,15	0,6	17,8	25	20	0,48

PLANTA PRIMERA

b-A	1,10	10	0,33	0,7	0,770	0,6	40,4	50	41	0,58
A-B	0,40	4	0,58	-	0,23	0,6	22,1	32	26	0,43
B-Ino1	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
B-C	0,30	3	0,71	-	0,21	0,6	21,2	32	26	0,40
C-Ino 2	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
C-D	0,20	2	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
D-Ino3	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
D-E	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
E-Ino4	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
A-F	0,52	6	0,45	-	0,23	0,6	22,2	32	26	0,44
F-G	0,22	4	0,58	-	0,13	0,6	16,4	25	20	0,40
G-Urin1	0,04	1	1,00	-	0,04	0,6	9,2	16	12	0,35
G-H	0,18	3	0,71	-	0,13	0,6	16,4	25	20	0,41
H-Urin2	0,04	1	1,00	-	0,04	0,6	9,2	16	12	0,35
H-I	0,14	2	1,00	-	0,14	0,6	17,2	25	20	0,45
I-Urin3	0,04	1	1,00	-	0,04	0,6	9,2	16	12	0,35
I-J	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53

J-Ino1	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
F-K	0,30	2	1,00	-	0,30	0,6	25,2	32	26	0,57
K-Vert	0,20	1	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
K-L	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
L-Mhú	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53

PLANTA SEGUNDA

c-A	1,20	11	0,32	0,8	0,960	0,6	45,1	63	51	0,47
A-B	0,40	4	0,58	-	0,23	0,6	22,1	32	26	0,43
B-Ino1	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
B-C	0,30	3	0,71	-	0,21	0,6	21,2	32	26	0,40
C-Ino2	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
C-D	0,20	2	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
D-Ino3	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
D-E	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
E-Ino4	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
A-F	0,62	7	0,41	-	0,25	0,6	23,2	32	26	0,48
F-G	0,22	4	0,58	-	0,13	0,6	16,4	25	20	0,40
G-Urin1	0,04	1	1,00	-	0,04	0,6	9,2	16	12	0,35
G-H	0,18	3	0,71	-	0,13	0,6	16,4	32	26	0,24
H-Urin2	0,04	1	1,00	-	0,04	0,6	9,2	16	12	0,35
H-I	0,14	2	1,00	-	0,14	0,6	17,2	32	26	0,26
I-Urin3	0,04	1	1,00	-	0,04	0,6	9,2	16	12	0,35
I-J	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
J-Ino1	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
F-K	0,40	3	0,71	-	0,28	0,6	24,5	32	26	0,53
K-Vert	0,20	1	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
K-L	0,20	2	1,00	1,00	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38

L-Ino1	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
L-M	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
M-Ino1	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53

PLANTA TERCERA

d-A	1,10	10	0,33	0,6	0,660	0,6	37,4	50	41	0,50
A-B	0,40	4	0,58	-	0,23	0,6	22,1	32	26	0,43
B-Ino1	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
B-C	0,30	3	0,71	-	0,21	0,6	21,2	32	26	0,40
C-Ino2	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
C-D	0,20	2	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
D-Ino3	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
D-E	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
E-Ino4	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
A-F	0,52	6	0,45	-	0,23	0,6	22,2	32	26	0,44
F-G	0,22	4	0,58	-	0,13	0,6	16,4	25	20	0,40
G-Urin1	0,04	1	1,00	-	0,04	0,6	9,2	16	12	0,35
G-H	0,18	3	0,71	-	0,13	0,6	16,4	25	20	0,41
H-Urin2	0,04	1	1,00	-	0,04	0,6	9,2	16	12	0,35
H-I	0,14	2	1,00	-	0,14	0,6	17,2	25	20	0,45
I-Urin3	0,04	1	1,00	-	0,04	0,6	9,2	16	12	0,35
I-J	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
J-Ino1	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
F-K	0,30	2	1,00	-	0,30	0,6	25,2	32	26	0,57
K-Vert	0,20	1	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
K-L	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53
L-Mhú	0,10	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53

5.3. RED DE SANEAMIENTO

5.3.1. Cálculo de la red de evacuación de aguas residuales

Para calcular las UDD se toma la tabla 4.1 sección HS5 del CTE. No obstante hay que introducir una recomendación: se considerará 110 mm de diámetro mínimo de la derivación del inodoro y vertedero. Se mantendrá este diámetro para sus colectores –sólo permitido en usos públicos-. Hay que destacar la existencia de otros usos como el muro húmedo o el desagüe de fondo de limpieza de los depósitos. Se tomará la tabla 4.1 sección HS5 del CTE como referencia. En este caso se considera que dichos usos tienen un diámetro de desagüe de 60 mm, 4 UDD.

BAJANTE RESIDUAL 1				
PLANTA TERCERA	nº aparatos o m2	UDD x aparato	UDD total	Ø derivación individual
1 Baño	4 Inodoros	5	20	110 mm
	4 Lavabos	2	8	40 mm
			28	
PLANTA SEGUNDA	nº aparatos o m2	UDD x aparato	UDD total	Ø derivación individual
1 Baño	4 Inodoros	5	20	110 mm
	4 Lavabos	2	8	40 mm
			28	
PLANTA PRIMERA	nº aparatos o m2	UDD x aparato	UDD total	Ø derivación individual
1 Baño	4 Inodoros	5	20	110 mm
	4 Lavabos	2	8	40 mm
			28	
PLANTA BAJA	nº aparatos o m2	UDD x aparato	UDD total	Ø derivación individual
1 Baño	2 Inodoros	5	10	110 mm
	1 Lavabos	2	2	40 mm
			12	
Total UDD			96	Ø 90 mm

BAJANTE RESIDUAL 2				
PLANTA TERCERA	nº aparatos o m2	UDD x aparato	UDD total	Ø derivación individual
1 Baño	3 Urinarios	2	6	40 mm
	1 Inodoros	5	5	110 mm
			19	
1 Limpieza	1 Vertedero	8	8	110 mm
1 Limp depósitos	56,62 m2	-	-	90 mm
PLANTA SEGUNDA	nº aparatos o m2	UDD x aparato	UDD total	Ø derivación individual
1 Baño	3 Urinarios	2	6	40 mm
	1 Inodoros	5	5	110 mm
			19	
1 Limpieza	1 Vertedero	8	8	110 mm
PLANTA PRIMERA	nº aparatos o m2	UDD x aparato	UDD total	Ø derivación individual
1 Baño	3 Urinarios	2	6	40 mm
	1 Inodoros	5	5	110 mm
			19	
1 Limpieza	1 Vertedero	8	8	110 mm
1 Jardín patio	19,38 m2	-	-	90 mm
PLANTA BAJA	nº aparatos o m2	UDD x aparato	UDD total	Ø derivación individual
1 Cocina	1 Vert	8	8	110 mm
	1 Freg resta	2	2	40 mm
	1 Freg cocina	6	6	50 mm
	1 Lavav indus	6	6	50 mm
			22	
Total UDD			79	más 76m2
Total m2			63	más 76m2
Total m2			139	Ø 90 mm

BAJAN RESIDUAL 3				
PLANTA SEGUNDA	n° aparatos o m2	UDD x aparato	UDD total	Ø derivación individual
1 Vestuarios	4 Duchas	3	12	50 mm
	1 Inodoro	5	5	110 mm
	1 Lavabo	2	2	40 mm
			19	
	Total UDD		19	Ø 63 mm

BAJANTE RESIDUAL 4				
PLANTA SEGUNDA	n° aparatos o m2	UDD x aparato	UDD total	Ø derivación individual
1 Vestuarios	4 Duchas	3	12	50 mm
	1 Inodoro	5	5	110 mm
	1 Lavabo	2	2	40 mm
			19	
	Total UDD		19	Ø 63 mm

BAJANTE RESIDUAL 5 (R5=R3+R4)				
PLANTA SEGUNDA	n° aparatos o m2	UDD x aparato	UDD total	Ø derivación individual
2 Vestuarios	4 Duchas	3	24	50 mm
	1 Inodoro	5	10	110 mm
	1 Lavabo	2	4	40 mm
			38	
	Total UDD		38	Ø 63 mm

Para calcular los diámetros de los colectores residuales, deberemos tener en cuenta el número de UDD que abarcan. Emplearemos la tabla 4.5 sección HS5 del CTE. Debemos tener en cuenta que para el uso residual se recomienda que los colectores tengan una pendiente mínima de 2%. Además se dimensionarán las arquetas de cimentación. Para ello, utilizaremos la tabla 4.13 de la sección HS5 del CTE.

COLECTORES (2%)			
	n° UDD o m2	m2	Ø colector
R4-R3	19	-	50 mm
(R4-R3)-R5	38	-	75 mm
Arq R1-Arq R2	96 UDD+56,62 m2	119,62	90 mm
Arq R2-Arq de paso	175 m2+76 m2+56,62m2	195,62	110 mm
Arq R5-Arq de paso	38 UDD	-	75 mm
Arq de paso-Acometida	76m2+56,62m2+213 UDD	195,62	110 mm

ARQUETAS		
	Ø colector salida	LxA (cm)
Arqueta R1	90 mm	40X40
Arqueta R2	110 mm	50X50
Arqueta R5	75 mm	40X40
Arqueta de paso	110 mm	50X50

5.3.2. Cálculo de la red de evacuación de aguas pluviales

A partir del Apéndice B de la sección HS5 del CTE, vemos que Granada se sitúa en la zona B isoyeta 30. Por lo tanto la intensidad pluviométrica es de 70 mm/h. El factor conversor (F) para tablas que deberemos utilizar es 0.70. Dado que nuestra cubierta tiene una superficie mayor a 500 m2, deberíamos colocar un sumidero cada 150 m2.

Después de haber dividido la cubierta y colocar los sumideros adecuadamente, podemos **obtener el diámetro de las bajantes pluviales** según se detalla en las tablas siguientes. Para ello, utilizaremos la tabla 4.8 de la sección HS5 del CTE. Ver esquema 'esquema evacuación agua pluvial'. Cabe apuntar que dicha división se ha realizado conjuntamente durante el proceso de proyecto para obtener el mejor resultado

	Superficie	m2 reales	f	m2	
BAJANTE PLUVIAL 1					
CUBIERTA PRINCIPAL	Superficie 1	101,5	0,7	71,05	
	Superficie 2	105,58	0,7	73,906	
	Superficie 3	113,83	0,7	79,681	
	Superficie 4	116,73	0,7	81,711	
				306,348	ø 90 mm
PLANTA TERCERA	Terraza (20%)	197,6	0,7	27,664	
	Rebosadero depósitos	-	-	-	
				334,012	ø 110 mm
BAJANTE PLUVIAL 2					
CUBIERTA PRINCIPAL	Superficie 5	87,72	0,7	61,404	
	Superficie 6	74,46	0,7	52,122	
	Superficie 7	80,07	0,7	56,049	
	Superficie 8	82,21	0,7	57,547	
				227,122	ø 90 mm
PLANTA TERCERA	Patio	27,69	0,7	19,383	
	Superficie 19 + 36,91	94,33	0,7	66,031	
				312,536	ø 90 mm
PLANTA SEGUNDA	Riego	27,69	-	27,69	
	Muro húmedo	28,7	-	28,7	
				368,926	ø 90 mm
BAJANTE PLUVIAL 3					
CUBIERTA PRINCIPAL	Superficie 9	82,21	0,7	57,547	
	Superficie 10	80,07	0,7	56,049	
	Superficie 11	88,74	0,7	62,118	
	Superficie 12	105,85	0,7	74,095	
	Superficie 13	100,05	0,7	70,035	
	Superficie 14	105,85	0,7	74,095	
	Superficie 15	149,15	0,7	104,405	
				498,344	ø 110 mm

PLANTA TERCERA	Superficie 20 + 73,58	131,24	0,7	91,868	
	Superficie 21 + 73,59	131,24	0,7	91,868	
	Superficie 22 + 36,91	93,93	0,7	65,751	
				747,831	ø 125 mm
BAJANTE PLUVIAL 4					
CUBIERTA PRINCIPAL	Superficie 16	116,73	0,7	81,711	
	Superficie 17	113,83	0,7	79,681	
				161,392	ø 75 mm
BAJANTE PLUVIAL 5 (P5=P3+P4)					
P5=P3+P4	P3	747,831	-	747,831	
	P4	161,392	-	161,392	
				909,223	ø 125 mm

Para calcular los diámetros de los colectores pluviales, deberemos tener en cuenta la superficie que abarcan. Emplearemos la tabla 4.9 sección HS5 del CTE. Debemos tener en cuenta que para el uso pluvial se recomienda que los colectores tengan una pendiente mínima de 1%. Además se dimensionarán las arquetas de cimentación. Para ello, utilizaremos la tabla 4.13 de la sección HS5 del CTE.

	Superficie	m2 reales	f	m2	
COLECTORES A P1 (1%)					
CUBIERTA	1-A	101,5	0,7	71,05	90
	A-B	101,5	0,7	71,05	90
	2-B	105,85	0,7	74,095	90
	B-E	207,35	0,7	145,145	110
	4-C	116,73	0,7	81,711	90
	C-D	116,73	0,7	81,711	90
	3-D	113,83	0,7	79,681	90
	D-E	230,56	0,7	161,392	110
	E-P1	437,91	0,7	306,537	125

P3	Terraza al 20%	197,6	0,7	27,664	90
	Rebosadero dép.	-	-	-	160
COLECTORES A P2 (1%)					
CUBIERTA	8-F	82,21	0,7	57,547	90
	F-G	82,21	0,7	57,547	90
	7-G	80,07	0,7	56,049	90
	G-H	162,28	0,7	113,596	90
	H-I	162,28	0,7	113,596	90
	6-I	74,46	0,7	52,122	90
	I-J	236,74	0,7	165,718	110
	5-J	86,07	0,7	60,249	90
	J-P2	322,81	0,7	225,967	110
	Patio-A	27,69	0,7	19,383	90
P3	19-A	94,33	0,7	66,031	90
	A-P2	94,33	0,7	66,031	90
P2	Riego-P2	27,69	-	27,69	90
	Muro húmedo-P2	28,7	-	28,7	90
COLECTORES A P3 (1%)					
CUBIERTA	9-K	88,21	0,7	61,747	90
	K-L	88,21	0,7	61,747	90
	10-L	80,07	0,7	56,049	90
	L-M	168,28	0,7	117,796	90
	11-M	88,74	0,7	62,118	90
	M-P3	257,02	0,7	179,914	110
	15-N	149,15	0,7	104,405	90
	N-O	149,15	0,7	104,405	90
	14-O	105,85	0,7	74,095	90
	O-P	255	0,7	178,5	110
	13-P	100,05	0,7	70,035	90
	P-Q	355,05	0,7	248,535	125
	12-Q	105,85	0,7	74,095	90
	Q-P3	460,9	0,7	322,63	160

P3	20-B	131,24	0,7	91,868	90
	21-B	131,24	0,7	91,868	90
	B-C	262,48	0,7	183,736	110
	22-C	93,93	0,7	65,751	90
	C-P3	356,41	0,7	249,487	125
COLECTORES A P4 (1%)					
CUBIERTA	16-R	116,73	0,7	81,711	90
	R-S	116,73	0,7	81,711	90
	17-S	113,83	0,7	79,681	90
	S-P4	230,56	0,7	161,392	110
COLECTORES A P5 (1%)					
P1	Muro húmedo-P2	28,7	-	28,7	90
CANALÓN (1%)					
Canalón 1		95,83	0,7	67,081	125
Canalón 2		77,7	0,7	54,39	125
Cada bajante canalón 1		47,92	0,7	33,544	50
Cada bajante canalón 2		25,9	0,7	18,13	50
COLECTORES (2%)					
P4-P3		230,56	0,7	161,392	90 mm
P4-P5		1298,89	0,7	909,223	200 mm
Arq P5-Arq de paso		1327,59	0,7	929,313	200 mm
Arq de paso-Arq P2		1327,59	0,7	929,313	200 mm
Arq P2-Arq P1		1830,46	0,7	1281,322	200 mm
Arq P1-Acometida		1830,46	0,7	1281,322	200 mm
ARQUETAS					
		∅ colector salida		LxA (cm)	
Arqueta P1		200 mm		60X60	
Arqueta P2		200 mm		60X60	
Arqueta de paso		200 mm		60X60	
Arqueta P5		200 mm		60X60	

5.4. AGUA CALIENTE SANITARIA

Para realizar el cálculo de agua caliente sanitaria es preciso establecer el tipo de sistema que se va a emplear. En este caso, al tratarse de un edificio público, se ha optado por un sistema con acumulación continua y sistema de apoyo también centralizado. Estas instalaciones se ubicarán junto a las demás en la cubierta de la planta tercera. La contribución solar para ACS se realizará mediante paneles solares situados en la cubierta superior.

5.4.1. Diseño de la instalación

A continuación se calcularán la cantidad de paneles solares necesarios, su posición y tipo de conexión a partir de la contribución solar mínima, la energía solar requerida, la energía de irradiación media y el rendimiento de cada placa. Para ello se emplearán las tablas del CTE sección HE-4 y las siguientes fórmulas.

Sabiendo que el edificio tiene en total 500 usuarios que se hemos dividido en 51 en el gimnasio y 449 en el resto del edificio. Sabiendo que en una escuela sin duchas consume 4 L/persona/día y un gimnasio consume 21 L/persona/día, el consumo total del edificio es de **2867 L/persona/día**. Como se trata de un edificio público en zona climática IV con un consumo menor a 5000 L/persona/día, la contribución solar mínima es del **50%**. En el caso de los paneles, se situarán en la cubierta superior, con inclinación sur y uso mayoritariamente invierno (+10° de la latitud). Por lo cual no se tendrán en cuenta pérdidas por orientación ni inclinación. Granada posee una latitud de 37°, de tal forma los paneles se colocarán con una inclinación de 47°. La energía requerida será:

$$E_{requerida} = \rho_w * V_{ACS} * Cp_w * (T_{ACS} - T_{RED}) = 1000 * 2'867 * \frac{1'16}{1000} * (60 - 10'3)$$

$$= \frac{165'29KWh}{día} = \frac{60.330,2KWh}{día}$$

La energía de irradiación media para la zona IV es $4.6 \leq H < 5$. El factor de corrección de dicha irradiación para una inclinación de 47° es aproximadamente 1, por lo que tomaremos el valor medio que será

$H=4.8KW/m^2/día=1752KW/m^2/año$. Suponiendo que el rendimiento de la placa es del 55% (según el CTE, $\eta_{placa} \geq 40\%$), la superficie de captación que necesitamos será de **31'40 m2**.

$$Sup * E_{irr} * \eta = E_{req} * Aportación$$

$$Sup * 1752 * 0'55 = 60.330'2 * 0'50$$

Según el fabricante *SUMSOL*, cada placa tiene 2'31 m2 útiles, necesitaremos por tanto **14 captadores** en cubierta. Al estar situados en la zona IV, no es aconsejable colocar más de 6 m2 de captadores en serie -con este tipo de captadores, no podremos colocar más en serie-. Sin embargo, si se conectan en serie el rendimiento baja drásticamente, por tanto se colocarán en paralelo teniendo en cuenta las especificaciones del fabricante

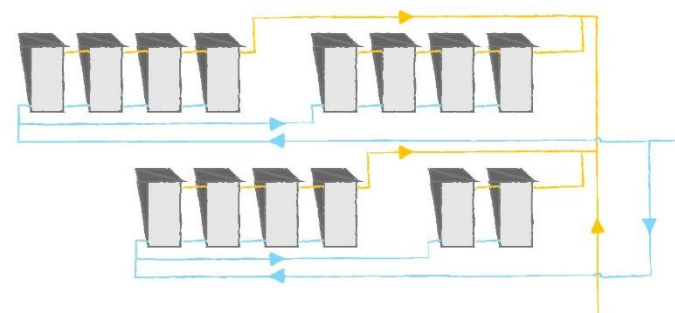


Imagen 5.6 Disposición de captadores solares en paralelo

	2.0 S	2.5 S	2.85 S
DIMENSIONES			
Longitud (mm)	1.902	2.240	2.241
Anchura (mm)	1.063	1.120	1.274
Altura (mm)	99	99	99
Peso (kg)	38	49	58
SUPERFICIE			
Área total (m²)	2,00	2,51	2,85
Área de apertura (m²)	1,851	2,31	2,64
Área del absorbedor (m²)	1,84	2,31	2,64
CUBIERTA			
Material	Vidrio solar endurecido		
Transmisividad	0,905		
Espesor (mm)	4		
FUNCIONAMIENTO			
Montaje	Vertical		
Caudal recomendado (l/h x m²)	25		
Conexión en línea	Máximo 7 captadores (recomendado 5)		

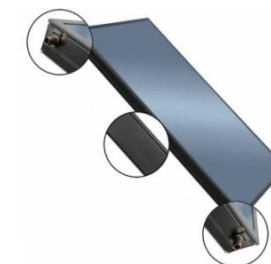


Imagen 5.7 Características de los captadores solares

El volumen del acumulador, según el CTE estará comprendido entre $50 < V/A < 180$. Si tomamos un valor medio de 75 y sabiendo que la superficie de captación es de 32.2 m², el volumen del acumulador será de **2415 Litros** -dado que la casa comercial *SUMOL* no comercializa acumuladores de esta capacidad, se ha tomado como referencia la marca *BIOSAN*. La potencia del mismo, suponiendo un rendimiento del 50% es de 16.10 KW. La superficie del intercambiador será 6.46 m².

$$Sup = 0'2 * S = 0'20 * 32'2 = 6'46 \text{ m}^2$$



ACUMULADOR DE AGUA CALIENTE SANITARIA (SUELO) - DE 500 A 3000 LITROS

Sea el primero en dejar una reseña para este producto

Depósito acumulador construido en acero al carbono con revestimiento interno de resina epoxídica adecuado para instalaciones de A.C.S., según normativa DIN 4753-3. Se suministra con sistema de protección anódica, tapa de inspección y aislamiento estándar de poliuretano flexible de 100mm. Terminación exterior con funda de skay.

Imagen 5.8 Características del acumulador de ACS

5.4.2. Definición de material y diámetros de la instalación

Seguidamente se detallan los materiales, diámetros, longitudes y caudales de la red de tuberías de agua caliente sanitaria. Para poder entender claramente estas tablas, nos serviremos del ‘esquema suministros agua caliente sanitaria’.

Material: Multicapa

Tramo	Q _{ins} (l/s)	n° ap	k	k est	Q cálc (l/s)	V diseñ (m/s)	D teor (mm)	DN (mm)	DN int (mm)	V real (m/s)
PLANTA BAJA										
a-A	0,465	3	0,71	0,8	0,37	0,6	28,1	40	32	0,46
A-Lav	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57

A-B	0,400	2	1,00	-	0,40	0,6	29,1	40	32	0,50
B-C	0,400	2	1,00	-	0,40	0,6	29,1	40	32	0,50
C-Freg1	0,200	1	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
C-D	0,200	2	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38
E-Freg2	0,200	1	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38

PLANTA PRIMERA

b-A	0,260	4	0,58	0,8	0,21	0,6	21,0	32	26	0,39
A-B	0,130	2	1,00	-	0,13	0,6	16,6	25	20	0,41
B-Lav1	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57
B-C	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57
C-Lav2	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57
A-D	0,130	2	1,00	-	0,13	0,6	16,6	25	20	0,41
D-E	0,130	2	1,00	-	0,13	0,6	16,6	25	20	0,41
E-Lav1	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57
E-F	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57
F-Lav2	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57

PLANTA SEGUNDA

c-A	1,190	14	0,28	0,80	0,95	0,6	44,9	63	51	0,47
A-B	0,130	2	1,00	-	0,13	0,6	16,6	25	20	0,41
B-Lav1	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57
B-C	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57
C-Lav2	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57
A-D	1,060	12	0,30	-	0,32	0,6	26,0	32	26	0,60
D-E	0,130	2	1,00	-	0,13	0,6	16,6	25	20	0,41
E-Lav1	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57
E-F	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57

F-Lav2	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57	B-C	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57
D-G	0,930	10	0,33	-	0,31	0,6	25,6	32	26	0,58	C-Lav2	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57
G-H	0,465	5	0,50	-	0,23	0,6	22,2	32	26	0,44	A-D	0,130	2	1,00	-	0,13	0,6	16,6	25	20	0,41
H-Lav1	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57	D-E	0,130	2	1,00	-	0,13	0,6	16,6	25	20	0,41
H-I	0,400	4	0,58	-	0,23	0,6	22,1	32	26	0,43	E-Lav1	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57
I-Duch1	0,100	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53	E-F	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57
I-J	0,300	3	0,71	-	0,21	0,6	21,2	32	26	0,40	F-Lav2	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57
J-Duch2	0,100	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53											
J-K	0,200	2	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38											
K-Duch3	0,100	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53											
K-L	0,100	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53											
L-Duch4	0,100	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53											
G-M	0,465	5	0,50	-	0,23	0,6	22,2	32	26	0,44											
M-N	0,465	5	0,50	-	0,23	0,6	22,2	32	26	0,44											
N-Lav1	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57											
N-O	0,400	4	0,58	-	0,23	0,6	22,1	32	26	0,43											
O-Duch1	0,100	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53											
O-P	0,300	3	0,71	-	0,21	0,6	21,2	32	26	0,40											
P-Duch2	0,100	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53											
P-Q	0,200	2	1,00	-	0,20	0,6	20,6	32	26	0,38											
Q-Duch3	0,100	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53											
Q-R	0,100	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53											
R-Duch4	0,100	1	1,00	-	0,10	0,6	14,6	20	15,5	0,53											

PLANTA TERCERA

d-A	0,260	4	0,58	0,6	0,16	0,6	18,2	25	20	0,50
A-B	0,130	2	1,00	-	0,13	0,6	16,6	25	20	0,41
B-Lav1	0,065	1	1,00	-	0,07	0,6	11,7	16	12	0,57

6. PRESUPUESTO

A continuación se realiza el presupuesto de ejecución material de la instalación hidráulica tomando como referencia la base de datos la Construcción de Andalucía (BCCA).

6.1. CAPÍTULO I: INSTALACIONES DE FONTANERÍA DE AGUA FRÍA

Código	Ud	Descripción	Medición	Precio Ud	Importe (€)
EIFA.1dfc	ud	Acometida en conducciones generales de PE, compuesta por collarín, machón doble, llave de esfera, manguito de rosca macho, hasta treinta metros de tubo de polietileno de baja densidad de 63 mm de diámetro y 10 atmósferas de presión y llave de entrada acometida individual, incluso arqueta de registro de 40x40 cm de ladrillo perforado de 24x11,5x9 cm, solera de 5 cm de hormigón, para uso no estructural y con una resistencia característica de 15N/mm2, con orificio de sumidero, excavación de zanja y derechos y permisos para la conexión, con reposición de pavimento, totalmente instalada, conectada y en perfecto estado de funcionamiento.			
		Partes iguales			
		1 - - -	1		
			1	857,48	857,48
UIAA.1a	ud	Arqueta de registro en acometida de 40x40x80cm interior, construida con fábrica de ladrillo perforado de 1/2 pida de espesor, recibido con mortero de cemento, colocado sobre solera de mortero de cemento con orificio sumidero, enfoscada y bruñida por el interior, ejecución de orificio sumiendo en el fondo y con tapa de fundición, terminada y con p.p. de medios auxiliares, incluso la excavación y el relleno perimetral posterior.			
		Partes iguales			
		1 - - -	1		
			1	109,73	109,73

EIFA11agab	ud	Armario de poliéster convencional, de dimensiones 320x450x191 mm, con cerradura triangular o allen, con contador individual de agua fría de 65 mm de diámetro, válvulas de entrada y salida de diámetro nominal de 65 mm, válvula de retención y manguitos de conexión, totalmente instalado, conectado y en correcto estado de funcionamiento.			
		Partes iguales			
		1 - - -	1		
			1	259,63	259,63
EIFA11agab	ud	Armario de poliéster convencional, de dimensiones 320x450x191 mm, con cerradura triangular o allen, con contador individual de agua fría de 20 mm de diámetro, válvulas de entrada y salida de diámetro nominal de 25 mm, válvula de retención y manguitos de conexión, totalmente instalado, conectado y en correcto estado de funcionamiento.			
		Partes iguales			
		1 - - -	1		
			1	244,15	244,15
EIFC13habb	m	Canalización oculta realizada con tubo de polipropileno copolímero (PP-R) con capa de aluminio, 75 mm de diámetro exterior y espesor de pared de 10,40 mm, serio 3,2, presión nominal de 20 atm y suministrado en barras de 4 m de longitud, incluso garras de sujeción y con un incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada.			
		Partes iguales			
		1 16,35 - -	16,35		
			16,35	38,43	628,33

EIFC13gabb	m	Canalización oculta realizada con tubo de polipropileno copolímero (PP-R) con capa de aluminio, 63 mm de diámetro exterior y espesor de pared de 8,70 mm, serio 3,2, presión nominal de 20 atm y suministrado en barras de 4 m de longitud, incluso garras de sujeción y con un incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada.	Partes iguales				17,85	28,72	512,65	EIFC13eabb	m	Canalización oculta con PP-R con capa de aluminio, 40 mm de diámetro exterior y espesor de pared de 5,60 mm, serio 3,2, presión nominal de 20 atm y suministrado en barras de 4 m de longitud, incluso garras de sujeción y con un incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada.	Partes iguales				18,18	19,89	361,60	
			1	17,85	-	-							1	7,42	-	-				7,42
													1	0,80	-	-				0,80
													2	4,98	-	-				9,96
EIFC13iabb	m	Canalización oculta realizada con tubo de polipropileno copolímero (PP-R) con capa de aluminio, 90 mm de diámetro exterior y espesor de pared de 15,50 mm, serio 3,2, presión nominal de 20 atm y suministrado en barras de 4 m de longitud, incluso garras de sujeción y con un incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada.	Partes iguales				7,42	49,44	366,84	EIFC13dabb	m	Canalización oculta con PP-R con capa de aluminio, 32 mm de diámetro exterior y espesor de pared de 4,50 mm, serio 3,2, presión nominal de 20 atm y suministrado en barras de 4 m de longitud, incluso garras de sujeción y con un incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada.	Partes iguales				42,01	16,47	691,90	
			1	7,42	-	-							1	2,25	-	-				2,25
													1	2,00	-	-				2,00
													6	4,45	-	-				26,70
EIFC13fab	m	Canalización oculta realizada con tubo de polipropileno copolímero (PP-R) con capa de aluminio, 50 mm de diámetro exterior y espesor de pared de 6,90 mm, serio 3,2, presión nominal de 20 atm y suministrado en barras de 4 m de longitud, incluso garras de sujeción y con un incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada.	Partes iguales				16,30	24,37	1.530,44	EIFC13babb	m	Canalización oculta realizada con PP-R con capa de aluminio, 20 mm de diámetro exterior y espesor de pared de 2,80 mm, serio 3,2, presión nominal de 20 atm y suministrado en barras de 4 m de longitud, incluso garras de sujeción y con un incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada.	Partes iguales				7,48	12,23	91,48	
			1	16,30	-	-							1	5,28	-	-				5,28
													1	2,90	-	-				2,90
													2	1,10	-	-				2,20
				1	43,60	-	-	43,60												

EIFA.5ba	ud	Grupo de bombeo para suministrar caudal de 7m3/h a 30mca de presión, compuesto por una electrobomba/s de 1,10 kW de potencia eléctrica, trifásicas y de velocidad variable, incluso presostatos, manómetros, válvulas, colectores, latiguillos flexibles, sistema de control de alternancia continua y cuadro eléctrico según norma UNE-EN-60204-1 en diferentes materiales, plástico o metal, con protección IP-56 o IP-54 respectivamente, totalmente instalado, conectado y en correcto estado de funcionamiento.					EIFC13fabb	m	Canalización oculta realizada con tubo de polipropileno copolímero (PP-R) con capa de aluminio, 50 mm de diámetro exterior y espesor de pared de 6,90 mm, serio 3,2, presión nominal de 20 atm y suministrado en barras de 4 m de longitud, incluso garras de sujeción y con un incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada.							
			Partes iguales							Partes iguales						
			2	-	-	-	2		1	14,00	-	-	14,00			
			2				2		2	6,82	-	-	13,64			
														27,64	24,37	673,59
EIFC13habb	m	Canalización oculta realizada con tubo de polipropileno copolímero (PP-R) con capa de aluminio, 75 mm de diámetro exterior y espesor de pared de 10,40 mm, serio 3,2, presión nominal de 20 atm y suministrado en barras de 4 m de longitud, incluso garras de sujeción y con un incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada.					EIFC13dabb	m	Canalización oculta realizada con tubo de polipropileno copolímero (PP-R) con capa de aluminio, 32 mm de diámetro exterior y espesor de pared de 4,50 mm, serio 3,2, presión nominal de 20 atm y suministrado en barras de 4 m de longitud, incluso garras de sujeción y con un incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada.							
			Partes iguales							Partes iguales						
			21,35	-	-	-	21,35		1	1,30	-	-	1,30			
			21,35				21,35	38,43	820,48							
EIFC13gabb	m	Canalización oculta realizada con tubo de polipropileno copolímero (PP-R) con capa de aluminio, 63 mm de diámetro exterior y espesor de pared de 8,70 mm, serio 3,2, presión nominal de 20 atm y suministrado en barras de 4 m de longitud, incluso garras de sujeción y con un incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada.														
			Partes iguales							Partes iguales						
			1	6,82	-	-	6,82		1	3,56	-	-	3,56			
			6,82				6,82	28,72	195,87							
									1	7,55	-	-	7,55			
									2	2,50	-	-	5,00			
									3	4,90	-	-	14,70			
									3	5,56	-	-	16,68			
									1	43,60	-	-	43,60			
														92,39	16,47	1.521,66

EIFC13cabb	m	Canalización oculta realizada con PP-R con capa de aluminio, 25 mm de diámetro exterior y espesor de pared de 3,50 mm, serio 3,2, presión nominal de 20 atm y suministrado en barras de 4 m de longitud, incluso garras de sujeción y con un incremento del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada.					
		Partes iguales					
		1	4,05	-	-	4,05	
		1	49,65	-	-	49,65	
			53,70			14,21	763,08
EIFC13babb	m	Canalización oculta realizada con PP-R con capa de aluminio, 20 mm de diámetro exterior y espesor de pared de 2,80 mm, serio 3,2, presión nominal de 20 atm y suministrado en barras de 4 m de longitud, incluso garras de sujeción y con un incremento del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada.					
		Partes iguales					
		4	0,80	-	-	3,20	
		1	34,50	-	-	34,50	
		1	1,30	-	-	1,30	
		3	6,11	-	-	18,33	
			57,33			12,23	701,15
EIFS34aab	ud	Inodoro completo compuesto por taza apoyada en suelo y tanque bajo con mecanismo de doble pulsador de 3/6 L de capacidad, de porcelana vitrificada blanca, con asiento y tapa lacados y bisagras de acero inoxidable, gama estándar, con placa de accionamiento para descarga, juego de fijación, codo y enchufe de unión, colocada, con p.p. de conexiones a red de alcantarillado y suministros de agua y con ayudas de albañilería según DB HS-4 CTE.					
		Partes iguales					
		19	-	-	-	19	
			19			300,29	5.705,51

EIFS32b	ud	Vertedero de porcelana vitrificada blanco, con enchufe de unión, rejilla de porcelana para desagüe y juego de tornillos fijación, colocado, con p.p. de conexiones a red de alcantarillado y suministros de agua y con ayuda de albañilería.					
		Partes iguales					
		4	-	-	-	4	
			4			173,54	694,16
EIFS23baa	ud	Urinario mural de porcelana vitrificada blanca, tamaño mediano, con borde rociador integral, juego de fijación, sifón, codo, manguito y enchufe de unión, colocado, con p.p. de conexiones a red de alcantarillado y suministros de agua y con ayuda de albañilería.					
		Partes iguales					
		9	-	-	-	9	
			9			182,66	1.643,94
							25.380,67 €

6.3. CAPÍTULO III: INSTALACIONES DE FONTANERÍA DE RIEGO

Código	Ud	Descripción	Medición	Precio Ud	Importe (€)
EIFA.4caa	ud	Depósito prefabricado de poliéster inyectado reforzado con fibra de vidrio para agua pluvial y colocación al aire, posición horizontal, de 4000 L de capacidad, cilíndrico de diámetro 1300 mm de diámetro, longitud 3000 mm, con tabuladora con brida de descarga inferior de diámetro nominal 50 mm y presión 10 atmósferas, con boca de acceso en polietileno de 410 mm, rosca de carga, rosca de aireación y rosca de descarga de 2", totalmente instalado, conectado y en correcto estado de funcionamiento.			
		Partes iguales			
		3	-	-	-
			3	2204,79	6.614,37

PURP.1bc	ud	Programador de riego eléctrico con 4 estaciones.						
		Partes iguales						
		1	-	-	-	1		
						1	86,5	86,50
PURC.1cc	m	Suministro e instalación de tubería de polietileno PE 40 de presión nominal de 1,0 Mpa (10 atm) y un diámetro exterior de 32 mm, fabricada según NORMA UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento.						
		Partes iguales						
		1	20,29	-	-	20,29		
		1	251,06	-	-	251,06		
						271,35	1,92	520,99
PURC.7bac	m	Suministro e instalación de tubería de polietileno PE 40 de presión nominal de 1,0 Mpa (10 atm) y un diámetro exterior de 32 mm, fabricada según NORMA UNE-EN 12201, totalmente instalada, comprobada y en correcto estado de funcionamiento.						
		Partes iguales						
		1	530,21	-	-	530,21		
						530,21	0,24	127,25
PURA.1a	ud	Suministros e instalación de arqueta rectangular Estándar de polipropileno de 50x36x31 cm para instalaciones de riego con tapa y tornillo de cierre, colocado sobre lecho de grava y relleno lateral con tierra, incluso excavación, tapado y accesorios, totalmente instalada.						
		Partes iguales						
		2	-	-	-	2		
						2	16	32,00
								7.381,11 €

6.4. CAPÍTULO IV: INSTALACIONES DE FONTANERÍA DE AGUA CALIENTE

Código	Ud	Descripción	Medición	Precio Ud	Importe (€)			
EIFC13gabb	m	Canalización oculta realizada con PP-R con capa de aluminio, 63 mm de diámetro exterior y espesor de pared de 8,70 mm, serio 3,2, presión nominal de 20 atm y suministrado en barras de 4 m de longitud, incluso garras de sujeción y con un del 30% en uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada.						
		Partes iguales						
		1	11,50	-	-	11,50		
		1	7,99	-	-	7,99		
						19,49	28,72	559,75
EIFC13eabb	m	Canalización oculta realizada con PP-R con capa de aluminio, 40 mm de diámetro exterior y espesor de pared de 5,60 mm, serio 3,2, presión nominal de 20 atm y suministrado en barras de 4 m de longitud, incluso garras de sujeción y con un del 30% en uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada.						
		Partes iguales						
		1	16,30	-	-	16,30		
		1	3,02	-	-	3,02		
						19,32	19,89	384,27
EIFC13dabb	m	Canalización oculta realizada con PP-R con capa de aluminio, 32 mm de diámetro exterior y espesor de pared de 4,50 mm, serio 3,2, presión nominal de 20 atm y suministrado en barras de 4 m de longitud, incluso garras de sujeción y con un incremento del 30% en uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada.						
		Partes iguales						
		1	2,52	-	-	2,52		
		1	9,49	-	-	9,49		
		1	43,90	-	-	43,9		
		2	5,33	-	-	10,66		
						66,57	16,47	1.096,41

EIFC13cabb	m	Canalización oculta realizada con PP-R con capa de aluminio, 25 mm de diámetro exterior y espesor de pared de 3,50 mm, serio 3,2, presión nominal de 20 atm y suministrado en barras de 4 m de longitud, incluso garras de sujeción y con un incremento del precio del tubo del 30% en uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada. Partes iguales																											
			1	1,50	-	-	1,50																						
			2	4,28	-	-	8,56																						
			2	4,28	-	-	8,56																						
			1	9,49	-	-	9,49																						
			2	4,28	-	-	8,56																						
							36,67	14,21	521,08																				
EIFC13babb	m	Canalización oculta realizada con PP-R con capa de aluminio, 20 mm de diámetro exterior y espesor de pared de 2,80 mm, serio 3,2, presión nominal de 20 atm y suministrado en barras de 4 m de longitud, incluso garras de sujeción y con un incremento del precio del tubo del 30% en uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada. Partes iguales																											
			2	0,80	-	-	1,60																						
							1,60	12,23	19,57																				
			EIFC13aabb	m	Canalización oculta realizada con PP-R con capa de aluminio, 16 mm de diámetro exterior y espesor de pared de 2,30 mm, serio 3,2, presión nominal de 20 atm y suministrado en barras de 4 m de longitud, incluso garras de sujeción y con un incremento del precio del tubo del 30% en uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalada y comprobada. Partes iguales																								
						1	5,67	-	-	5,67																			
						2	0,94	-	-	1,88																			
										7,55	10,79	81,46																	
EIMB.2b	ud	Bomba para ACS con marcado CE, carcasa en hierro fundido, luz indicadora de funcionamiento y fallos, control electrónico del sentido de giro, autopurgante, aislamiento térmico, tres velocidades, totalmente instalada, comprobada y en correcto funcionamiento, DB HE-4 CTE. Partes iguales																											
						4	-	-	-	4																			
										4	481,95	1.927,80																	
			EIMA.2b	ud	Depósito acumulación de ACS con CE de acero con aislamiento, 3000 L de capacidad y dimensiones 1660x2325 mm (diámxalt) incluyendo manguitos de acoplamiento, totalmente instalado, comprobado y en correcto funcionamiento, DB HE-4 CTE. Partes iguales																								
						1	-	-	-	1																			
										1	8165,61	8.165,61																	
						EIMC.1b	ud	Colector solar plano vidriado con marcado CE de 2,3 m2 de superficie útil, carcasa de aluminio y aislamiento térmico de lana mineral, homologado según RD 891/1980, totalmente instalado, comprobado y en correcto funcionamiento, según DB HE-4 del CTE. Partes iguales																					
14	-	-							-	14																			
										14	692,61	9.696,54																	
EIMI.1a	ud	Intercambiador de placas desmontables con marcado CE para la producción de ACS con colectores solares, realizado en acero inox. AISI con junta de nitrilo NBS, bastidor de acero al carbono, incluso conexiones estándar, conforme a las especificaciones dispuestas en las normas UNE-EN 1148 y UNE-EN 305, 306, 307 y 308, en el RITE y sus instrucciones técnicas, totalmente instalado, comprobado y en correcto funcionamiento según DB HE-4 CTE. Partes iguales																											
			2	-	-				-	2																			
										2	906,43	1.812,86																	
										2	24.265,35 €																		

6.5. CAPÍTULO V: INSTALACIONES DE SANEAMIENTO (AGUA RESIDUAL)

Código	Ud	Descripción	Medi ción	Precio Ud	Importe (€)						
EISC.1fb	m	Canalización para evacuación de aguas residuales de todo tipo según norma UNE-EN 1453, con tubo de PVC de diámetro 110 mm, y espesor 3,20 mm, unión por encolado y comportamiento frente al fuego B-s1, d0 según normas RD 312/2005, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, incluso ayudas de albañilería, totalmente instalada y comprobada.									
			Partes iguales								
			3	3,26	-	-	9,78				
			3	1,73	-	-	5,19				
			3	0,67	-	-	2,01				
	1	2,8	-	-	2,8						
			19,78	20,98	414,98						
EISC.1eb	m	Canalización para evacuación de aguas residuales de todo tipo según norma UNE-EN 1453, con tubo de PVC de diámetro 90 mm, y espesor 3,00 mm, unión por encolado y comportamiento frente al fuego B-s1, d0 según normas RD 312/2005, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, incluso ayudas de albañilería, totalmente instalada y comprobada.									
			Partes iguales								
			1	11,80	-	-	11,80				
							11,80	19,44	229,39		
EISC.1cb	m	Canalización para evacuación de aguas residuales de todo tipo según norma UNE-EN 1453, con tubo de PVC de diámetro 50 mm, y espesor 3,00 mm, unión por encolado y comportamiento frente al fuego B-s1, d0 según normas RD 312/2005, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, incluso ayudas de albañilería, totalmente instalada y comprobada.									
			Partes iguales								
			2	3,50	-	-	7,00				
			1	10,50	-	-	10,50				
			1	7,00	-	-	7,00				
				24,50	19,44	476,28					
EISC.1bb	m	Canalización para evacuación de aguas residuales de todo tipo según norma UNE-EN 1453, con tubo de PVC de diámetro 40 mm, y espesor 3,00 mm, unión por encolado y comportamiento frente al fuego B-s1, d0 según normas RD 312/2005, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, incluso ayudas de albañilería, totalmente instalada y comprobada.									
			Partes iguales								
			3	4,85	-	-	14,55				
			3	3,50	-	-	10,50				
			2	3,56	-	-	7,12				
	1	6,10	-	-	6,10						
				38,27	17,25	660,16					
EISC.1ebb	m	Bajante para evacuación de aguas residuales de todo tipo según norma UNE-EN 1453, con tubo de PVC de diámetro 90 mm, y espesor 3,00 mm, unión por encolado y comportamiento frente al fuego B-s1, d0 según normas RD 312/2005, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, incluso ayudas de albañilería, totalmente instalada y comprobada.									
			Partes iguales								
			2	1,70	-	-	3,40				
			1	0,75	-	-	0,75				
							4,15	16,71	69,35		

EISC.1fbb	m	Bajante para evacuación de aguas residuales de todo tipo según norma UNE-EN 1453, con tubo de PVC de diámetro 110 mm, y espesor 3,20 mm, unión por encolado y comportamiento frente al fuego B-s1, d0 según normas RD 312/2005, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, incluso ayudas de albañilería, totalmente instalada y comprobada.							
		Partes iguales							
		1	10,50	-	-	10,50			
		1	3,50	-	-	3,50			
		1	3,60	-	-	3,60			
			17,60			20,98			369,25
EISC14aab	m	Colector enterrado realizado con tubo liso de PVC para saneamiento, de diámetro nominal 110 mm y unión pegada, según la norma UNE EN 1401-I, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, colocado en zanja de ancho 500+110 mm, sobre lecho de arena/grava de espesor 100+110/100 mm, incluso excavación, relleno de la zanja y compactación.							
		Partes iguales							
		1	20,1	-	-	20,10			
			20,10			18,66			375,07
EISC14aab	m	Colector enterrado realizado con tubo liso de PVC para saneamiento, de diámetro nominal 110 mm y unión pegada, según la norma UNE EN 1401-I, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, colocado en zanja de ancho 500+110 mm, sobre lecho de arena/grava de espesor 100+110/100 mm, incluso excavación, relleno de la zanja y compactación.							
		Partes iguales							
		1	14,67	-	-	14,67			
			14,67			14,66			215,06
EISC14aabc	m	Colector enterrado realizado con tubo liso de PVC para saneamiento, de diámetro nominal 75 mm y unión pegada, según la norma UNE EN 1401-I, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, colocado en zanja de ancho 500+110 mm, sobre lecho de arena/grava de espesor 100+110/100 mm, incluso excavación, relleno de la zanja y compactación.							
		Partes iguales							
		1	15,85	-	-	15,85			
			15,85			10,66			168,96
EISC14aabd	m	Colector colgado, realizado con tubo liso de PVC para saneamiento, de diámetro nominal 75 mm y unión pegada, según la norma UNE EN 1401-I, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalado y colocado.							
		Partes iguales							
		1	6,34	-	-	6,34			
			6,34			9,86			62,51
EISA.8bac	ud	Arqueta a pie de bajante no registrable, de medidas interiores 40x40x50 cm, realizada con fábrica de ladrillo cerámico perforado de 11,5 cm de espesor, recibida con mortero de cemento M-d y enfoscada y enlucida interiormente con mortero de cemento M-15, sobre solera de 15 cm de espesor de hormigón en masa HM-30/B/20/I+Qb, formación de pendientes mínima del 2%, cerrada en la parte superior con bardo cerámico hueco machihembrado y losa de hormigón HA-30/B/20IIb+Qb, armada con mallazo y sellada con mortero de cemento, incluso p.p. de accesorios, juntas, cierres herméticos y medios auxiliares, totalmente ejecutada según DB HS-5 del CTE.							
		Partes iguales							
		2	-	-	-	2			
						2			67,94
									135,88

EISA.8bae	ud	Arqueta a pie de bajante no registrable, de medidas interiores 50x50x65 cm, realizada con fábrica de ladrillo cerámico perforado de 11,5 cm de espesor, recibida con mortero de cemento M-d y enfoscada y enlucida interiormente con mortero de cemento M-15, sobre solera de 15 cm de espesor de hormigón en masa HM-30/B/20/I+Qb, formación de pendientes mínima del 2%, cerrada en la parte superior con bardo cerámico hueco machihembrado y losa de hormigón HA-30/B/20IIb+Qb, armada con mallazo y sellada con mortero de cemento, incluso p.p. de accesorios, juntas, cierres herméticos y medios auxiliares, totalmente ejecutada según DB HS-5 del CTE.					
		Partes iguales					
		1	-	-	-	1	
						1	79,97 79,97
EISA.10bab	ud	Arqueta de paso de 51x51x65 cm de dimensiones interiores, construida con fábrica de ladrillo cerámico perforado de 11,5 cm de espesor, recibido con mortero de cemento M-d y enfoscada y enlucida interiormente con mortero de cemento GP CSIV W2, sobre solera de 10 cm de espesor de HM-30/B/20/I+Qb, formación de pendientes mínima del 2%, cerrada en la parte superior con bardo cerámico hueco machihembrado y losa de hormigón, armada con mallazo y sellada con mortero de cemento, incluso p.p. de accesorios, juntas, cierres herméticos y medios auxiliares, totalmente ejecutada según DB HS-5 del CTE.					
		Partes iguales					
		1	-	-	-	1	
						1	78,85 78,85
							3.335,71 €

6.6. CAPÍTULO VI: INSTALACIONES DE SANEAMIENTO (AGUA PLUVIAL)

Código	Ud	Descripción	Medición	Precio Ud	Importe (€)
EISC13aabb	m	Colector colgado, realizado con tubo liso de PVC para saneamiento, de diámetro nominal 90 mm y unión pegada, según la norma UNE EN 1401-I, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalado y colocado.			
		Partes iguales			
		1	11,72	-	11,72
		1	22,56	-	22,56
		1	20,47	-	20,47
		1	11,94	-	11,94
		1	9,32	-	9,32
		1	30,44	-	30,44
		2	25,32	-	50,64
		1	14,02	-	14,02
		1	18,76	-	18,76
					189,87
					16,35
					3.104,37
EISC13aab	m	Colector colgado, realizado con tubo liso de PVC para saneamiento, de diámetro nominal 110 mm y unión pegada, según la norma UNE EN 1401-I, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalado y colocado.			
		Partes iguales			
		1	9,63	-	9,63
		1	4,99	-	4,99
		2	7,30	-	14,60
		1	8,37	-	8,37
		2	3,90	-	7,80
		1	6,40	-	6,40
					51,79
					19,35
					1.002,14

EISC13bab	m	Colector colgado, realizado con tubo liso de PVC para saneamiento, de diámetro nominal 125 mm y unión pegada, según la norma UNE EN 1401-I, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalado y colocado. Partes iguales 1 4,08 - - 4,08 1 1,26 - - 1,26 5,34 22,76 121,54	EISC.1db	m	Bajante para evacuación de pluviales, con tubo de PVC de diámetro 75 mm, y espesor 3,00 mm, unión por encolado y comportamiento frente al fuego B-s1, d0 según normas RD 312/2005, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, incluso ayudas de albañilería, totalmente instalada y comprobada. Partes iguales 1 10,50 - - 10,50 10,50 21,79 228,80
EISC13cab	m	Colector colgado, realizado con tubo liso de PVC para saneamiento, de diámetro nominal 160 mm y unión pegada, según la norma UNE EN 1401-I, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente instalado y colocado. Partes iguales 1 5,55 - - 5,55 5,55 28,09 155,90	EISC.1eb	m	Bajante para evacuación de pluviales, con tubo de PVC de diámetro 90 mm, y espesor 3,00 mm, unión por encolado y comportamiento frente al fuego B-s1, d0 según normas RD 312/2005, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, incluso ayudas de albañilería, totalmente instalada y comprobada. Partes iguales 1 6,00 - - 6,00 6,00 22,61 135,66
EISC10acab	m	Canalón visto de PVC de perfil circular para evacuación de pluviales, de color gris RAL 9018, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, totalmente colocado y comprobado. Partes iguales 2 25,90 - - 51,80 51,80 14,88 770,78	EISC.1fb	m	Bajante para evacuación de pluviales, con tubo de PVC de diámetro 110 mm, y espesor 3,00 mm, unión por encolado y comportamiento frente al fuego B-s1, d0 según normas RD 312/2005, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, incluso ayudas de albañilería, totalmente instalada y comprobada. Partes iguales 1 22,00 - - 22,00 22,00 24,15 531,30
EISC.1cb	m	Bajante para evacuación de pluviales, con tubo de PVC de diámetro 50 mm, y espesor 3,00 mm, unión por encolado y comportamiento frente al fuego B-s1, d0 según normas RD 312/2005, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, incluso ayudas de albañilería, totalmente instalada y comprobada. Partes iguales 6 3,50 - - 21,00 21,00 20,42 428,82			

EISC.1gb	m	Bajante para evacuación de pluviales, con tubo de PVC de diámetro 125 mm, y espesor 3,00 mm, unión por encolado y comportamiento frente al fuego B-s1, d0 según normas RD 312/2005, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, incluso ayudas de albañilería, totalmente instalada y comprobada.																			
		Partes iguales																			
		1	7,50	-	-	7,50															
						7,50	25,04														187,80
EISC14cab	m	Colector enterrado realizado con tubo liso de PVC para saneamiento, de diámetro nominal 160 mm y unión pegada, según la norma UNE EN 1401-I, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, colocado en zanja de ancho 500+110 mm, sobre lecho de arena/grava de espesor 100+110/100 mm, incluso excavación, relleno de la zanja y compactación.																			
		Partes iguales																			
		1	35,95	-	-	35,95															
						35,95	27,26														980,00
EISC14dab	m	Colector enterrado realizado con tubo liso de PVC para saneamiento, de diámetro nominal 200 mm y unión pegada, según la norma UNE EN 1401-I, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, colocado en zanja de ancho 500+110 mm, sobre lecho de arena/grava de espesor 100+110/100 mm, incluso excavación, relleno de la zanja y compactación.																			
		Partes iguales																			
		1	16,10	-	-	16,10															
		1	29,78	-	-	29,78															
						45,88	36,34														1.667,28
EISA.8bah	ud	Arqueta a pie de bajante no registrable, de medidas interiores 60x60x80 cm, realizada con fábrica de ladrillo cerámico perforado de 11,5 cm de espesor, recibida con mortero de cemento M-d y enfoscada y enlucida interiormente con mortero de cemento M-15, sobre solera de 15 cm de espesor de hormigón en masa HM-30/B/20/I+Qb, formación de pendientes mínima del 2%, cerrada en la parte superior con bardo cerámico hueco machihembrado y losa de hormigón HA-30/B/20Ib+Qb, armada con mallazo y sellada con mortero de cemento, incluso p.p. de accesorios, juntas, cierres herméticos y medios auxiliares, totalmente ejecutada según DB HS-5 del CTE.																			
		Partes iguales																			
		3	-	-	-																3
																					3
																					117,69
																					353,07
EISA.10bac	ud	Arqueta de paso de 63x63x80 cm de dimensiones interiores, construida con fábrica de ladrillo cerámico perforado de 11,5 cm de espesor, recibido con mortero de cemento M-d y enfoscada y enlucida interiormente con mortero de cemento GP CSIV W2, sobre solera de 10 cm de espesor de HM-30/B/20/I+Qb, formación de pendientes mínima del 2%, cerrada en la parte superior con bardo cerámico hueco machihembrado y losa de hormigón, armada con mallazo y sellada con mortero de cemento, incluso p.p. de accesorios, juntas, cierres herméticos y medios auxiliares, totalmente ejecutada según DB HS-5 del CTE.																			
		Partes iguales																			
		1	-	-	-																1
																					1
																					144,1
																					144,10
																					9.811,55 €

6.7. RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO I:	Instalaciones de fontanería de agua fría	9.763,97 €	12,21 %
CAPITULO II:	Instalaciones de fontanería de agua pluvial	25.380,67 €	31,75 %
CAPITULO III:	Instalaciones de fontanería de riego	7.381,11 €	9,24 %
CAPITULO IV:	Instalaciones de fontanería de agua caliente sanitaria	24.265,35 €	30,36 %
CAPITULO V:	Instalaciones de saneamiento (agua residual)	3.335,71 €	4,17 %
CAPITULO VI:	Instalaciones de saneamiento (agua pluvial)	9.811,55 €	12,27 %
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL INSTALACIÓN HIDRÁULICA:		79.938,37 €	

7. CONCLUSIONES

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 sostenible, este sistema aporta grandes beneficios. Puede ayudar a la recuperación de acuíferos subterráneos en zonas urbanas en las que la obtención principal provenga de ellos ya que se deja de extraer agua del subsuelo. Además, puede aliviar de forma importante el exceso de demanda en redes de suministros públicos, contribuyendo a la mejor conservación de las reservas. Asimismo, supone un alivio para la red de drenaje pública al no verter a ella el agua de lluvia. En todo caso, utilizando agua pluvial se le da una segunda vida. Por otra parte, desde el punto de vista económico puede suponer un ahorro evidente y creciente en la factura del agua. En nuestro caso concreto, aproximadamente el 50% del agua empleada proviene de la recuperación pluvial. Sin embargo, debido al elevado coste inicial de la instalación y a las elevadas cuotas fijas de las empresas suministradoras, el sistema puede considerarse amortizado a los 70 años. Teniendo en cuenta que la vida útil de un edificio son 50 años, en términos económicos no resulta viable a corto plazo.

Empleando el BOP nº 242 Granada y sin tener en cuenta las tasas fijas:

	Demanda agua pluvial (m ³ /año)	Precio consumo (€/m ³) con IVA	Consumo anual (€) con IVA
Jardín exterior	114'708 m ³	0'8124 €/m ³	93'188 €/año
Resto edificio	447'995 m ³	0'601 €/m ³	269'086 €/año
	Precio total con IVA:		362'273 €/año
	Precio instalación pluvial con IVA:		25.380'67 €

- No obstante, podemos contar con la ayuda de **subvenciones** por parte del gobierno. La sensibilización con el medio ambiente es cada vez mayor y aparecen ayudas económicas para la instalación de aljibes. La mayor parte de estas ayudas están destinadas a instalaciones domésticas o individuales suponiendo un ahorro en torno al 20-30% del coste de la instalación. Comunidades Autónomas como Galicia, Cantabria o Asturias son punteras en este tipo de subvenciones siendo, curiosamente, zonas que coinciden con las de mayor pluviometría. Si se aplican estas subvenciones a nuestro caso estudio, el plazo de amortización se reduciría aproximadamente 20 años. Por lo que la instalación quedaría pagada cuando el edificio alcanzase la mitad de su vida útil.

- Abastecerse con agua de lluvia nos permite la **independencia parcial de la red de suministro**. Aunque con ello no consigamos evitar las tasas fijas que imponen las empresas suministradoras, conseguimos que en época de cortes o restricciones –cada vez más frecuentes debido al régimen de sequías- podamos disponer de agua. Por tanto, si por ejemplo se produce algún problema con la red general, en nuestro edificio no debe suponer un inconveniente ya que la mayor parte de usos estarán cubiertos con el agua pluvial recogida.

- Cuando se realiza un estudio para implantar este sistema, no se deben perder de vista aspectos que nos vienen impuesto de base. La **climatología** es uno de ellos. En zonas del norte de la península, donde la pluviometría es abundante, este tipo de instalación resulta altamente recomendable desde el punto de vista sostenible ya que son capaces de

recoger gran cantidad de agua de lluvia para su abastecimiento. Es más, desde el 17 de abril del 2008 la Xunta de Galicia lanzó un nuevo decreto por el cual se obliga a que todas las viviendas nuevas que se construyan instalar un sistema de recogida, almacenaje y depuración del agua de lluvia para su reutilización doméstica. Claramente se trata de una apuesta por el ahorro energético de un bien básico como el agua. En nuestro caso concreto, Granada, no es una zona con altas precipitaciones y la idoneidad de la instalación vendrá determinada por la cantidad de agua que necesite como veremos a continuación.

- El **uso del edificio** es otro dato base para poder implantar un sistema de recuperación de agua pluvial. Debemos tener en cuenta que no la demanda de un edificio público no es igual que es de una vivienda. En una vivienda la demanda es continuada -24 horas, 365 días- y la mayor parte de actividades que se realizan requieren consumo. Sin embargo, en un edificio público debemos diferenciar el grado de demanda. Existen edificios públicos que precisa el suministro de agua como un elemento directo y básico, en cambio existen otros que el suministro de agua constituye un elemento indirecto de la actividad. En nuestro caso, al tratarse de un centro de enseñanza para profesores, la necesidad de agua no es imprescindible. Es decir, la actividad puede llevarse a cabo independientemente. Además, existen horarios de cierre y de apertura y periodos vacacionales donde el consumo será prácticamente nulo -a excepción del jardín exterior-. Por ello, podemos concluir que el edificio estudio posee una demanda hídrica inferior a un edificio privado de las semejantes características.

- Otro aspecto a determinar es la **morfología y materiales** de la construcción. Este edificio se concibe como un elemento lineal por lo que tendrá gran superficie de captación. No obstante, a pesar de la gran cantidad de área de recogida, el desarrollo en altura crea una proporción contrapuesta. Es decir, a mayor altura se precisa más demanda de agua mientras que la superficie de captación sigue siendo la misma. Además, los materiales de acabado también influyen en la cantidad de agua que se puede recoger. Como es lógico un tejado plano sin gravilla podrá recoger y conducir mejor el agua de lluvia que una cubierta ajardinada en la cual el agua, además, servirá para mantener la vegetación existente. En este centro de enseñanza cuyo objetivo es recoger la mayor parte de agua procedente de las precipitaciones, se ha optado por colocar la primera solución mencionada.

- A parte de estas decisiones de material, se han de tomar otras **decisiones ecológicas**. Durante todo el proyecto se ha procurado tomar medidas que ayuden al medio ambiente y en el caso del jardín exterior se continúa con la misma filosofía. Podríamos esperar que al tener una gran superficie de riego también fuera exigible mucha demanda de agua para mantenerlo. Sin embargo, al estar diseñado con plantas autóctonas que no precisan mucho riego el consumo es mucho menor. En cambio, si por ejemplo se hubiese instalado césped, sería difícil de mantener en buenas condiciones porque precisa de un riego constante. Además, en un clima de altas temperaturas y pocas precipitaciones como Granada, no sería nada aconsejable.

- Finalmente, concluiremos la necesidad de **previsión de espacio**. Las instalaciones, en especial las que requieren almacenaje, ocupan una gran superficie que muchas veces no se prevé en proyecto dando lugar a soluciones poco recomendables. Durante la elaboración del diseño de este edificio, se tuvo en cuenta la necesidad de incorporar zonas destinadas a instalaciones tanto de maquinaria como de conducciones. Por lo tanto, no surgieron problemas relacionados con la falta de espacio. Así pues, con los avances y desarrollos en tecnología y sistemas de confort, cada vez la superficie requerida es mayor. Una buena previsión es sinónimo de pocos imprevistos, lo cual siempre es garantía de buen funcionamiento y tranquilidad para el arquitecto.

8. BIBLIOGRAFÍA

8.1. BIBLIOGRAFÍA DOCUMENTALDOCUMENTOS:

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS. *Apuntes de instalaciones hidráulicas (2013)*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Valencia.

TESIS:

EGEA VIVANCOS, ALEJANDRO (2010). *La cultura del agua en época ibérica: una visión de conjunto*. Universidad de Murcia.

FERNÁNDEZ PÉREZ, IVÁN (2009). *Aprovechamiento de aguas pluviales*. Tutora: Delfina Berasategui. Escuela politécnica superior de edificación de Barcelona. Universidad politécnica de Cataluña.

PÁGINAS WEB:

ARCHIVO: EL AGUA EN LA ARQUITECTURA

<www.plataformaarquitectura.cl/cl/770131/archivo-el-agua-en-la-arquitectura> [Consulta: 2 de septiembre de 2015]

COLECTOR DE LLUVIA Y RASCACIELOS/H3AR

<www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-66870/colector-de-lluvia-y-rascacielos-h3ar> [Consulta: 2 de septiembre de 2015]

PERÚ: ONG CONSTRUYE PROTOTIPO DE VIVIENDA SOSTENIBLE CENTRADO EN LA RECOLECCIÓN DE LAS AGUAS-LLUVIA

<www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-367459/peru-ong-construye-prototipo-de-vivienda-sostenible-centrado-en-la-recoleccion-de-las-aguas-lluvia> [Consulta: 2 de septiembre de 2015]

BASE DE DATOS DE PRECIOS DE LA CONSTRUCCIÓN EN 2015 ANDALUCÍA (BCCA)

< www.juntadeandalucia.es/fomentoyvivienda/portal-web/web/areas/vivienda/texto/706e4686-1fbd-11e0-89b8-998a90d310ed> [Consulta: 5 de octubre de 2015]

TABLAS:

Tabla 3.1 PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL GRANADA Fuente: AEMET (Agencia estatal de meteorología)

Tabla 3.2 PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL: COMPARATIVA Fuente: AEMET (Agencia estatal de meteorología)

VÍDEOS:

HOW RAIN HARVESTING WORKS. *Youtube*.

< www.youtube.com/watch?v=kRNfiUsGeCc >

[Consulta: 12 de octubre de 2015. Publicado el 14 de octubre de 2010 por QA Graphics]

8.2. BIBLIOGRAFÍA FOTOGRÁFICA**1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS****1.1 Porcentaje de agua en la Tierra**

Fuente: Autoría propia

1.2 Terracota ibérica procedente de la necrópolis de Cabecico del Tesoro

Fuente: EGEA VIVANCOS, A. (2010). La cultura del agua en época ibérica: una visión de conjunto. Universidad de Murcia. Página 122

1.3 Gran cisterna en el Castellar de Meca

Fuente: EGEA VIVANCOS, A. (2010). La cultura del agua en época ibérica: una visión de conjunto. Universidad de Murcia. Página 128

1.4 Cisterna en el Puig de Sant Andreu

Fuente: EGEA VIVANCOS, A. (2010). La cultura del agua en época ibérica: una visión de conjunto. Universidad de Murcia. Página 126

1.5 Recogida de agua de lluvia y regulación de temperatura

<www.pinterest.com/pin/412290540863612885>

1.6 Atrium de una domus romana: compluvium y impluvium

<www.thinglink.com/scene/517625532251111424>

1.7 Aljibe árabe en Cáceres, época almohade s. XII

<www.palabrasenextincion.blogspot.com.es/2009/06/aljibe.html>

1.8 Casa payesa tradicional

<eivissencot.wordpress.com/tag/ibiza>

- 1.9 Detalle depósito (filtro, cisterna, tapa, polea y cubo)
Fuente: FERNÁNDEZ PÉREZ, IVÁN (2009). *Aprovechamiento de aguas pluviales*. Escuela politécnica superior de edificación de Barcelona. Universidad politécnica de Cataluña. Página 16
- 1.10 Fachada con canales conductores de agua de lluvia
<www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-66870/colector-de-lluvia-y-rascacielos-h3ar>
- 1.11 Captación y distribución de la lluvia
<www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-66870/colector-de-lluvia-y-rascacielos-h3ar>
- 1.12 Esquema con forma que ayuda a captar el agua y, a su vez, conseguir el mejor soleamiento
<www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-66870/colector-de-lluvia-y-rascacielos-h3ar>
- 1.13 Render del prototipo de casa en Yantaló
<www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-367459/peru-ong-construye-prototipo-de-vivienda-sostenible-centrado-en-la-recoleccion-de-las-aguas-lluvia>
- 1.14 Sección con estructura en forma de mariposa
<www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-367459/peru-ong-construye-prototipo-de-vivienda-sostenible-centrado-en-la-recoleccion-de-las-aguas-lluvia>

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

- 2.1 Emplazamiento del proyecto, entorno universitario de Granada
Fuente: Autoría propia
- 2.2 Crecimiento de la zona verde
Fuente: Autoría propia
- 2.3 Accesos y circulaciones
Fuente: Autoría propia
- 2.4 Sistema de conexión de espacios a través de patios
Fuente: Autoría propia

3. ANÁLISIS GENERAL DEL AGUA DE LLUVIA

3.1 Ciclo y aprovechamiento del agua (1)

Fuente: Autoría propia

3.2 Ciclo y aprovechamiento del agua (2)

Fuente: Autoría propia

3.3 Presencia de empresas contaminantes alrededores del emplazamiento

Fuente: Autoría propia

3.4 Filtro cisterna con acumulación de suciedad

Fuente: AQUA ESPAÑA. Guía técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios. Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas. Página 8

3.5 Filtro individual autolimpiante

Fuente: AQUA ESPAÑA. Guía técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios. Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas. Página 8

3.6 Válvula de pie con cazapiedras

[<www.mundoriego.es/483-valvula-de-pie-fundicion-ductil>](http://www.mundoriego.es/483-valvula-de-pie-fundicion-ductil)

4. ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN

4.1 Posición 1: depósito enterrado

Fuente: Autoría propia

4.2 Posición 2: depósito en cuarta planta

Fuente: Autoría propia

4.3 Posición 3: depósito enterrado + depósito en cuarta planta

Fuente: Autoría propia

4.4 Conexión entre el sistema de agua potable y pluvial

Fuente: Autoría propia

4.5 Detalle de electroválvula y antiretorno

Fuente: Autoría propia

5. MEMORIA DE CÁLCULO

5.1 Depósito horizontal (aéreo)

<www.plarexpoliester.com/depositos>

5.2 Depósito horizontal (enterrado)

<www.plarexpoliester.com/depositos>

5.3 Principio de Arquímedes

Fuente: Autoría propia

5.4 Suministro y tipo de goteo autocompensado

<www.turiego.es/riego-agricola-agricultura-cinta-de-riego/goteo-agricola-cinta-de-riego-goteros-tubo-goteo/tubo-goteo-agricola-tuberia-goteo-tubo-autocompensante-tubo-turbulento/gotero-autocompensante.html>

5.5 Válvula de pie en depósito enterrado

Fuente: Autoría propia

5.6 Disposición de captadores solares en paralelo

Fuente: Autoría propia

5.7 Características de los captadores solares

<www.sumsol.es/wp-content/uploads/pdfs/Catalogo_termica_COMPLETO_ED1109.pdf>

5.8 Características del acumulador de ACS

<www.grupobiosan.com/depositos-de-inercia-acumuladores-acs/acumuladores-para-acs/acumulador-de-acs-de-suelo-500-3000l.html>

9. ANEXOS