



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria
de Manresa



Disseny d'un sistema integral
d'estalvi d'aigua per a un habitatge.

Departament d'Enginyeria Minera, Industrial i TIC.

Estudiant: Sergio Mata Campos

Tutor: Jordi Vives Costa

Data: 5 de maig de 2018

Grau en Enginyeria Mecànica

Índex:

Índex de gràfics:.....	6
Índex de taules:	7
1. INTRODUCCIÓ:.....	8
1.1 Motivacions:.....	8
1.2 Introducció i Objectiu:	9
1.3 Abstract.....	10
1.4 Justificació:.....	11
2. DESENVOLUPAMENT:.....	12
2.1 Estat de l'article – Antecedents.	12
2.1.1 Consum aigua a Espanya.	12
2.1.2 Pluviometria a Catalunya.....	15
2.1.3 Pluviometria a Viladecavalls.	19
2.1.4 Introducció a l'aprofitament de les aigües pluvials.....	22
2.1.5 Legislació aprofitament aigües pluvials.....	24
2.1.6 Mitjans de transport i emmagatzematge d'aigües pluvials.	25
2.1.7 Mitjans de filtratge d'aigües pluvials.....	31
2.1.8 Emmagatzematge d'aigües pluvials.	36
2.1.9 Reutilització de les aigües grises:	41
2.1.10 Legalitat de reutilització d'aigües.....	44
2.1.11 Depuració d'aigües grises.....	57
2.1.12 Descripció del model d'estudi.	62
2.2 Metodologia.....	68
2.2.1 Consum d'aigua general.	68
2.2.2 Consum específic d'aigua.	70
2.2.3 Captació d'aigua pluvial.....	78
2.2.4 Resum càlculs.	81
2.2.5 Estudi de la distribució de l'aigua ja depurada.	81
2.2.6 Disseny del sistema.	84
2.2.7 Implantació final de l'habitatge.....	92
2.2.8 Anàlisi econòmic.....	96
3. Conclusions.....	100
4. Possibles vies de millora.....	101



5.	Webgrafia.....	102
6.	Bibliografia.....	103
	Índex d'annexos:.....	104

Índex d'il·lustracions:

Il·lustració 1: Mapa percentual de variació de pluges a Catalunya.....	16
Il·lustració 2: Sostre verd, asfàltic i metàl·lic, d'esquerra a dreta. (Font: Google Images)	25
Il·lustració 3: Chultun per a emmagatzemar aigua de pluja. (Font: Viquipèdia)	27
Il·lustració 4: Esquema funcionament Chultun. (Font: Viquipèdia)	27
Il·lustració 5: Chultun per emmagatzemar altres objectes. (Font: Viquipèdia)	28
Il·lustració 6: Imatge de compluvium (forat sostre) i impluvium (piscina interior). (Font: Viquipèdia)	28
Il·lustració 7: Esquema aljub domèstic. (Font: Viquipèdia).....	29
Il·lustració 8: Aljub del Rey (Granada). (Font: Viquipèdia).....	29
Il·lustració 9: Exemple de sistema de captació i emmagatzematge d'aigua pluvial. (Font: Google Images).....	30
Il·lustració 10: Exemple filtre tipus U1. (Font: Macrotecnologia de Procesos).....	31
Il·lustració 11: Exemple instal·lació filtre tipus U1. (Font: Macrotecnologia de Procesos).....	32
Il·lustració 12: Explosionat filtre tipus U1. (Font: Macrotecnologia de Procesos).....	32
Il·lustració 13: Equip electrolític de plata. (Font: Organización Panamericana de la Salud.).....	34
Il·lustració 14: Filtre intern amb tecnologia d'auto-rentat. (Font: Graf Ibérica).....	35
Il·lustració 15: Filtre extern amb tecnologia d'auto-rentat. (Font: Gran Ibérica)	36
Il·lustració 16: Esquema il·lustratiu del sistema d'emmagatzematge de les aigües pluvials. (Font: Santa Cruz Astorqui, Jaime, 2007).....	38
Il·lustració 17: Exemple de dipòsit utilitari. (Font: Google Images)	39
Il·lustració 18: Exemple de dipòsit decoratiu. (Font: Google Images)	39
Il·lustració 19: Exemple de dipòsit de gran volum. (Font: Google Images).....	40
Il·lustració 20: Exemple de dipòsit flexible. (Font: Google Images).....	40
Il·lustració 21: Exemple de dipòsit soterrat. (Font: Google Images).....	41
Il·lustració 22: Exemple de sistema de macròfites flotants. (Font: Guia RD 1620/2007)	52
Il·lustració 23: Disposició en alçat de les diferents xarxes de distribució. (Font: Guia RD 1620/2007).....	53
Il·lustració 24: Esquema sistema de reutilització d'aigües sense tractament. (Font: AQUA España)	57
Il·lustració 25: Esquema sistema de reutilització d'aigües amb tractament. (Font: AQUA España)	58
Il·lustració 26: Esquema funcionament tractament físic d'aigües grises. (Font: AQUA España) 59	
Il·lustració 27: Esquema funcionament tractament físico-químic d'aigües grises. (Font: AQUA España)	61
Il·lustració 28: Esquema funcionament tractament biològic d'aigües grises. (Font: AQUA España)	62
Il·lustració 29: Fitxa tècnica rentavaixelles BOSCH FD9207. (Font: Bosch).....	66
Il·lustració 30: Claus de pas dels diferents vàters. (Font: Elaboració pròpia)	72
Il·lustració 31: Marques realitzades conforme nivell d'aigua inicial. (Font: Elaboració pròpia) .	73
Il·lustració 32: Proveta aforada. (Font: Elaboració pròpia).....	73
Il·lustració 33: Exemple emplenat cisterna. (Font: Elaboració pròpia)	74
Il·lustració 34: Fotos dels 3 vàters. (Font: Elaboració pròpia).....	74
Il·lustració 35: Recipient aforat a 1 Litre. (Font: Elaboració pròpia)	75
Il·lustració 36: Procés emplenat recipient aforat. (Font: Elaboració pròpia).....	76
Il·lustració 37: Vista de planta de les golfes amb l'àrea a calcular. (Font: Elaboració pròpia)....	79
Il·lustració 38: Diferents dipòsits per a aigües grises. (Font: Riuvet.com / Ceasa.com)	85



Il·lustració 39: Possible dipòsit d'aigües pluvials. (Font: Riuvert.com)	87
Il·lustració 40: Biotank BioGrey. (Font: Biotank.com)	88
Il·lustració 41: Sistema tractament aigües pluvials. (Font: Riuvert.com).....	90
Il·lustració 42: Natflow APS800i.	91
Il·lustració 43: Plànol actualitzat del garatge. (Font: Elaboració pròpia)	93
Il·lustració 44: Plànol actualitzat planta baixa. (Font: Elaboració pròpia)	94
Il·lustració 45: Plànol actualitzat primer pis. (Font: Elaboració pròpia).....	95

Índex de gràfics:

Gràfic 1: Volums d'aigua subministrats a la xarxa. (Font: I.N.E.)	12
Gràfic 2: Percentatge de variació anual dels volums d'aigua registrats i distribuïts pels usuaris per C.A. (Font: I.N.E.).....	13
Gràfic 3: Gràfica consum mig d'aigua dels habitatges per C.A. (Font: I.N.E.)	14
Gràfic 4: Plugues a Catalunya entre 1981 i 2010. (Font: Aemet)	18
Gràfic 5: Precipitació acumulada mensual a Vacarisses (mm). (Font: Meteocat)	21
Gràfic 6: Usos domèstics de l'aigua susceptibles de ser substituïts per aigua pluvial. (Font: Arahuetes Hidalgo, Ana, 2015)	23
Gràfic 7: Aigua gris generada i demanda d'aigua tractada en la descarrega dels WC... 42	
Gràfic 8: Usos lavabos planta pis. (Font: Elaboració pròpia).....	65
Gràfic 9: Hàbits de consum setmanal. (Font: Elaboració pròpia).....	71
Gràfic 10: Percentatge de consum d'aigua. (Font: Elaboració pròpia)	83
Gràfic 11: Evolució preu unitari total d'ús domèstic per un consum de 10m ³ /mes. (Font: ACA)	97
Gràfic 12: Rendibilitat del projecte. (Font: Elaboració pròpia)	99

Índex de taules:

Taula 1: Volums d'aigua subministrats a la xarxa. (Font: I.N.E.)	12
Taula 2: Volums d'aigua registrats i distribuïts per C.A. (Font: I.N.E.)	13
Taula 3: Consum mig d'aigua dels habitatges per C.A. (Font: I.N.E.)	14
Taula 4: Taula de valors mitjos de precipitacions a diferents punts de Catalunya entre 1981 i 2010. (Font: Aemet)	18
Taula 5: P. A. M. a Vacarisses (mm). (Font: Meteocat)	21
Taula 6: Coeficients de fricció de l'aigua segons superfície expressats en tant per u. (Font: AQUA España)	26
Taula 7: Comparativa econòmica entre l'ús, o no, de sistemes de reutilització d'aigües grises.	43
Taula 8: Freqüència mínima de mostreig per a cada paràmetre. (Font: RD 1620/2007)	49
Taula 9: Criteris per a la reutilització de les aigües. (Font: RD 1620/2007)	50
Taula 10: Problemes de degradació de la qualitat de l'aigua regenerada emmagatzemada. (Font: RD 1620/2007)	51
Taula 11: Rendiments de depuració del sistemes de macròfitas flotants. (Font: RD 1620/2007)	52
Taula 12: Usos lavabos planta pis. (Font: Elaboració pròpia).....	64
Taula 13: Usos lavabo planta baixa. (Font: Elaboració pròpia).....	64
Taula 14: Us aigua cuina. (Font: Elaboració pròpia).....	64
Taula 15: Us aigua traster. (Font: Elaboració pròpia).....	64
Taula 16: Consums rentadora BOSCH FD8801. (Font: Bosch)	67
Taula 17: Enregistrament de consum d'aigua trimestral. (Font: Elaboració pròpia)	68
Taula 18: Resum càlculs consum i captació d'aigua. (Font: Elaboració pròpia).....	81
Taula 19: Producció aigües grises. (Font: Elaboració pròpia)	81
Taula 20: Producció aigües negres. (Font: Elaboració pròpia).....	82
Taula 21: Característiques sistema tractament aigües grises. (Font: Biotank.com)	89
Taula 22: Característiques Natflow APS800i. (Font: Tu&Co.com)	91
Taula 23: Consum resultant grups de pressió instal·lats. (Font: Elaboració pròpia).....	92
Taula 24: Pressupost. (Font: Elaboració pròpia)	96
Taula 25: Tarifes ofertes per AGBAR. (Font: AGBAR).....	96
Taula 26: Total cost manteniment elèctric. (Font: Elaboració pròpia)	98
Taula 27: Resum anual de despeses i estalvis. (Font: Elaboració pròpia).....	98

1. INTRODUCCIÓ:

1.1 Motivacions:

Sempre he estat enfocat al món de l'enginyeria, i més en concret a l'automoció.

Ja amb 12 anys vaig començar a construir amb el grup d'amics una andròmina per tal de participar a la competició de baixada d'andròmines del poble. Primer fèiem un disseny a paper, pensàvem una mica en si seria estable i amb un ràpid pas per corba i durant les primeres setmanes de l'estiu ens dedicàvem a construir i provar el que era el nostre cotxe de competició. Anys després, el mateix grup d'amics que s'estava hores sota el sol amb una andròmina, va entrar més tard al batxillerat tecnològic, per, posteriorment, començar una enginyeria.

Va ser la mala sort d'aquell moment, de la qual estic molt agraït, la que em va dirigir a l'enginyeria mecànica i una oferta de feina com a Oficial d'Operari de Tercera a una Estació Depuradora d'Aigües Residuals (EDAR) la que em va descobrir les possibilitats que tenien les depuradores per tal de poder fer front al repte que planteja el Canvi Climàtic a la nostra societat.

El primer any de treball vaig poder veure diferents depuradores i vaig entendre que mai segueixen un mateix patró de depuració, i que aquest varia depenent de la quantitat d'aigua d'entrada i de l'origen d'aquesta. Durant el segon i tercer any vaig poder treballar a l'EDAR de Terrassa, una de les més grans del país, al costat del cap de la planta, qui em va ensenyar els principis de funcionament d'una depuradora de grans dimensions.

Al veure la proposta de Treball que havia penjat el professor i tutor del meu Treball de Fi de Grau, Jordi Vives, vaig tenir clar que volia investigar en com de difícil seria estalviar la màxima quantitat raonable d'aigua mitjançant la instal·lació d'una depuradora de petites dimensions i si gràcies a ella es podria reutilitzar tant l'aigua de sortida com aprofitar les aigües pluvials.

És ara, començant a pensar en com vull enfocar el futur del meu Treball de Fi de Grau que penso en la repercussió que podria tenir. Ja que, de poder concloure el treball havent trobat una manera senzilla, econòmica i sobretot ecològica, s'obririen les portes a una nova possibilitat de mercat que permetria disminuir el consum d'aigua a nivell urbà i a reduir costos en la factura d'aigua.

1.2 Introducció i Objectiu:

La finalitat d'aquest projecte és la de documentar pas a pas com es fa l'estudi i posterior disseny per tal de preparar la instal·lació d'un Sistema Integrat d'Estalvi d'Aigua a un Habitatge. El meu model de treball seria la meva família, formada per 4 membres en una casa unifamiliar de 4 plantes i uns 52m² a cada planta.

Un Sistema Integrat d'Estalvi d'Aigua (d'aquí en endavant, Sistema Integrat), és un sistema encarregat de, automàticament, dur a terme les tasques de filtració, desodorització i desinfecció de les aigües. Per tant, està focalitzat a estalviar la màxima quantitat possible d'aigua. En el cas del meu treball, aquest estalvi d'aigua es durà a terme mitjançant estudiant possibles canvis en les instal·lacions de clavegueram domèstic i la instal·lació de contenidors per tal d'emmagatzemar i tractar l'aigua.

El primer pas és el de calcular quina quantitat d'aigua es gasta setmanalment a l'habitatge i on es gasta aquest aigua. L'objectiu és el de poder discriminar els consums i poder així distribuir eficient les diferents aigües de la casa.

Un cop sabem quina quantitat d'aigua es gasta, i on es gasta, s'ha de fer un mapa per tal de saber el recorregut que farà l'aigua, un cop la instal·lació s'hagi acabat. Per exemple, l'aigua que surt de la dutxa es pot filtrar per tal de reaprofitar-la per alimentar les cisternes dels 3 sanitaris que es disposen a l'habitatge. També s'han d'incloure les aigües pluvials, ja que a l'estar exemptes de calç, previ tractament, seran idònies per tal de cobrir el consum d'aigua dut a terme per la rentadora i el rentavaixelles.

Amb el mapa de consums d'aigües complert, i utilitzant el càlcul de consums discriminats, es pot començar a dissenyar el sistema de canonades que hauran de transportar tota l'aigua a on li pertoqui, depenent del seu origen. Ja que depenent de si es aigua de sortida del vàter o de la dutxa, per exemple, aquesta aigua anirà a la xarxa local de clavegueram o a un dipòsit domèstic d'aigua, per tal de tractar-la i reutilitzar-la posteriorment.

L'objectiu del treball, un cop acabat el disseny de tot el Sistema Integrat, és poder quantificar l'estalvi d'aigua aconseguit gràcies a la utilització del sistema de tractament i reutilització de l'aigua. Un objectiu secundari és el de poder esbrinar quant de temps hauria de passar fins que tota la inversió sigui rentable.

1.3 Abstract

The end of this project is to document step by step how to do the study and design in order to prepare the installation of an Integrated House Saving Water System. My work is going to be based in my family, a 4 member's family in a 4 floor of 52 m² each house.

An Integrated Saving Water System (for now on Integrated System) is a system in charge of, automatically, take care of the filtering, deodorization and disinfection of the water. So, it is focalized on saving as much water as possible. In my project, this saving is going to be done by studying changes in the sewerage and installing water tanks so to store and clean water.

The first step is to calculate how much water is consumed weekly and where is this water consumed. The target is to discriminate all the consumptions so; in the future, we will be able to distribute the recycled water efficiently.

Once we know how much water is being spend, and where, we must do a map with which we will know how the water will flow, once the installation is done. For example, the water that comes from the showering can be filtered so we can re-use it to feed the water tanks of the 3 W.C. that are installed in our study model. Rain water must be included because their absence of lime makes them perfect to cover the water consumption of the washing machine and the dishwasher.

With that map completed, and know how much water is consumed in the different parts of the house, we can start the design the pipe's system which will distribute the water depending on its origin. That is because, depending if the water comes from the W.C. or the shower, its next step will be the local sewerage net or our water tank, in order to re-use it.

The global target of the project, once the Integral System is finished, is to be able to quantify the water saving thanks to using our system of water treatment and reutilization. A secondary target is to know how much time will pass till the investment is profitable.

1.4 Justificació:

Quan vaig haver d'escollir un tema sobre el qual realitzar el meu Treball de Fi de Grau, el proposat pel professor Jordi Vives em va agradar força, ja que tractava sobre un tema poc desenvolupat i amb capacitat per profunditzar més en futurs treballs o a nivell professional.

Haver de dissenyar un sistema encarregat d'estalviar el màxim d'aigua em va portar a pensar en la instal·lació d'un sistema de depuració de les aigües residuals a petita escala per tal de poder reutilitzar les aigües grises d'un habitatge per altres tasques tals com el reg o omplir la cisterna del vàter. D'aquesta manera podria relacionar els coneixements que havia adquirit durant els períodes que he estat treballant tant d'operari com d'analista de laboratori o fent tasques de manteniment, per tal de facilitar-me les tasques d'investigació i entendre millor alguns conceptes relacionats.

Encara més importants serien els contactes fets en aquests períodes, ja que contar amb la seva sobrada experiència i coneixements podria ser de gran ajuda a l'hora de pensar en alternatives per tal de maximitzar el rendiment o a l'hora de buscar solucions més òptimes a problemes que vagin sorgint.

La possibilitat de poder tractar un tema tan actual com el de l'estalvi d'aigua va ser el que em va donar l'empenta final per decidir-me a fer aquest treball. Ja que, actualment, el consum d'aigua és un greu problema per la nostra societat. Cada vegada són més freqüents i durant períodes de temps mes llargs les onades de calor, cosa que afecta directament a que les reserves d'aigua estiguin més compromeses per la falta de pluja i per la pujada mantinguda de les temperatures, que tenen com a conseqüència una major evaporació de l'aigua que es troba als aqüífers del territori català.

2. DESENVOLUPAMENT:

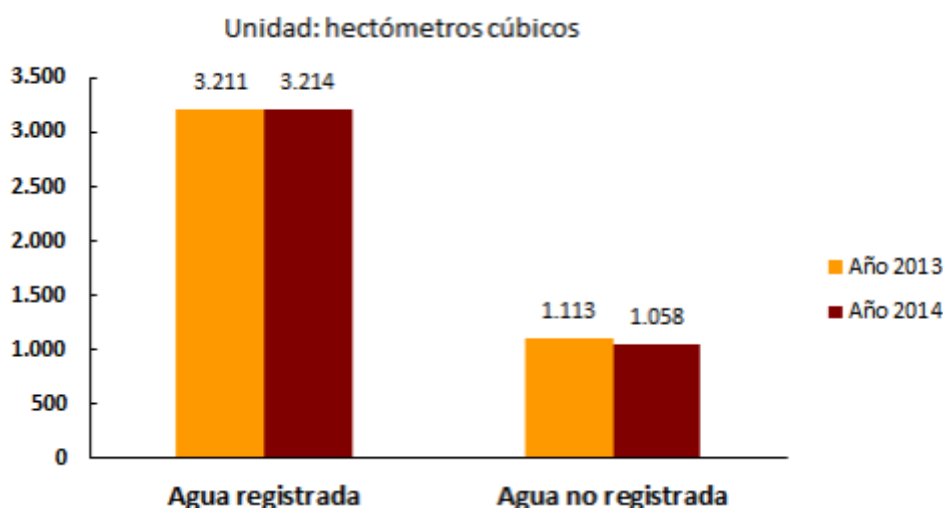
2.1 Estat de l'article – Antecedents.

2.1.1 Consum aigua a Espanya.

Segons l'Institut Nacional d'Estadística, durant l'any 2014 es varen subministrar un total de 4.272 hm³ a les xarxes públiques d'abastiment urbà. Tres quartes parts (3.214hm³) eren volums d'aigua registrats, és a dir, mesurats amb els comptadors dels usuaris. La resta, un total de 1.058hm³ van ser volums d'aigua no registrats, és a dir, no mesurats o estimats mitjançant aforaments.

Unidad: hm ³		
	Año 2014	% variación anual
Agua registrada	3.214	0,1
Agua no registrada	1.058	-4,9
Total agua suministrada a la red	4.272	-1,2

Taula 1: Volums d'aigua subministrats a la xarxa. (Font: I.N.E.)



Gràfic 1: Volums d'aigua subministrats a la xarxa. (Font: I.N.E.)

Consum per comunitat autònoma:

Les comunitats que més varen incrementar el volum d'aigua registrat i distribuït durant l'any 2014 foren Castella i Lleó (7,2%), Principat d'Astúries (5,2%) i la Comunitat Valenciana (4,9%).

Per contra les comunitats que més el varen disminuir van ser: les Illes Canàries amb una reducció del 8,8%, Castella la Manxa i La Rioja amb unes reduccions del 8,2% i el 7,7% respectivament.

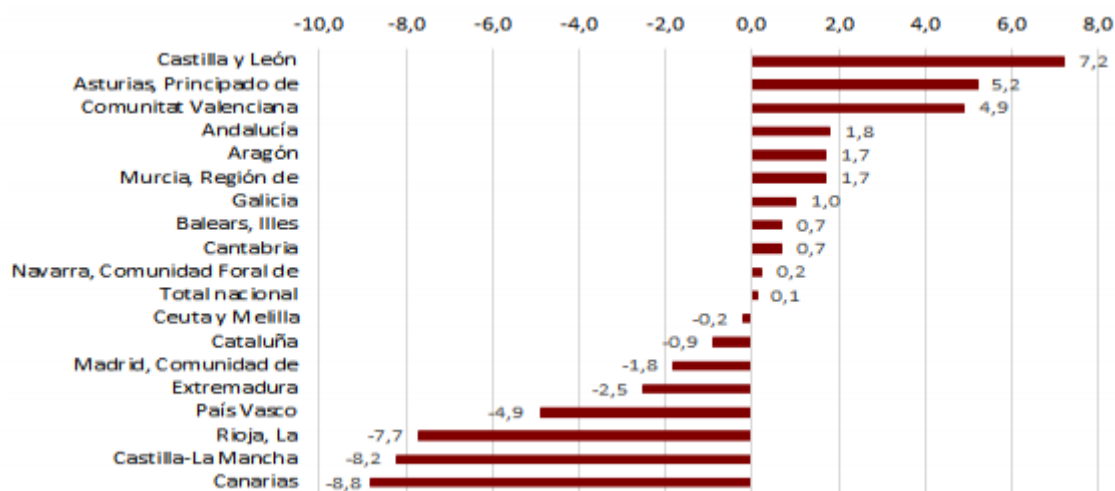
Les comunitats que més volum aigua van distribuir durant l'any 2014 van ser Andalusia (17,3% del total), Catalunya (14,2%) i la Comunitat de Madrid (12,7%). A l'altre extrem

es situen La Rioja (0,7% del total), Cantabria i la Comunitat Foral de Navarra, ambdues amb un consum del 1,5%.

Unidad: miles de m³

	Año 2014	% sobre el total	% variación anual
Andalucía	557.113	17,3	1,8
Aragón	97.052	3,0	1,7
Asturias, Principado de	78.790	2,5	5,2
Balears, Illes	85.556	2,6	0,7
Canarias	144.545	4,5	-8,8
Cantabria	48.087	1,5	0,7
Castilla y León	228.279	7,1	7,2
Castilla-La Mancha	147.301	4,6	-8,2
Cataluña	457.383	14,2	-0,9
Comunitat Valenciana	381.995	11,9	4,9
Extremadura	67.890	2,1	-2,5
Galicia	186.405	5,8	1,0
Madrid, Comunidad de	406.951	12,7	-1,8
Murcia, Región de	100.916	3,1	1,7
Navarra, Comunidad Foral de	48.367	1,5	0,2
País Vasco	146.602	4,6	-4,9
Rioja, La	22.051	0,7	-7,7
Ceuta y Melilla	8.751	0,3	-0,2
Total nacional	3.214.034	100	0,1

Taula 2: Volums d'aigua registrats i distribuïts per C.A. (Font: I.N.E.)



Gràfic 2: Percentatge de variació anual dels volums d'aigua registrats i distribuïts pels usuaris per C.A. (Font: I.N.E.)

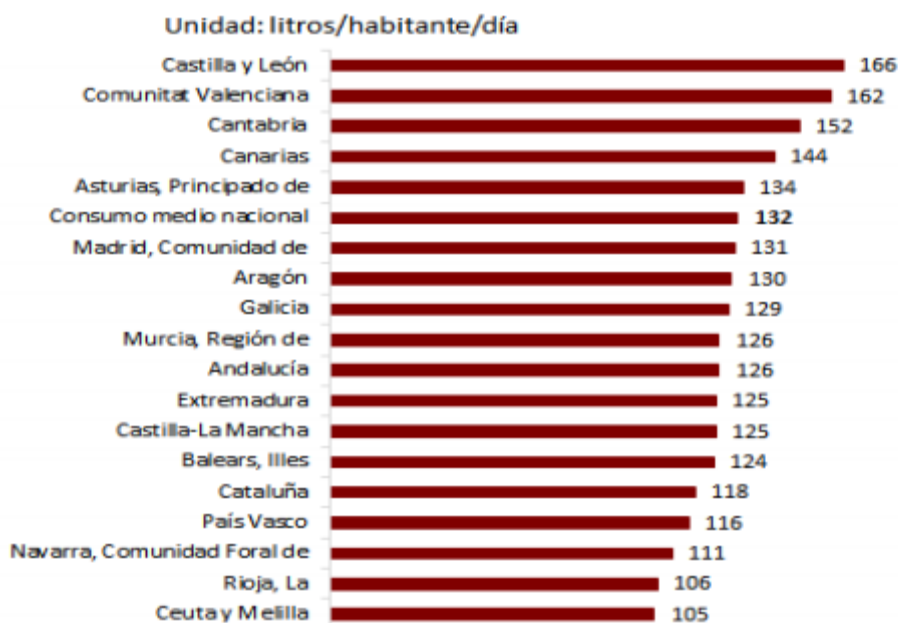
Consum mig d'aigua dels habitatges per Comunitats Autònomes:

Els consums mitjos d'aigua més elevats es varen donar a Castilla i Lleó amb un consum de 166 litres per habitant i dia, Comunitat Valenciana amb 162 litres i Cantabria amb 152.

Per contra, els habitatges amb uns consums d'aigua més baixos es donen a La Rioja, amb un consum de 106 litres per habitatge i dia; la Comunitat Foral de Navarra, amb un consum de 111 litres i el País Basc, amb 115 litres.

Unidad: litro/habitante/día		
	Año 2014	% variación anual
Andalucía	126	5,0
Aragón	130	0,8
Asturias, Principado de	134	9,8
Balears, Illes	124	-12,1
Canarias	144	0,7
Cantabria	152	5,6
Castilla y León	166	5,7
Castilla-La Mancha	125	-10,7
Cataluña	118	-0,9
Comunitat Valenciana	162	2,5
Extremadura	125	10,7
Galicia	129	8,4
Madrid, Comunidad de	131	0,0
Murcia, Región de	126	1,6
Navarra, Comunidad Foral de	111	-0,9
País Vasco	116	-5,7
Rioja, La	106	5,4
Ceuta y Melilla	105	1,5
Consumo medio nacional	132	1,5

Taula 3: Consum mig d'aigua dels habitatges per C.A. (Font: I.N.E.)



Gràfic 3: Gràfica consum mig d'aigua dels habitatges per C.A. (Font: I.N.E.)

2.1.2 Pluviometria a Catalunya.

Extret del document: La pluviometria en Cataluña.

Tenint en consideració la petita superfície de la que conta el territori català, i partint d'un enfocament tant climàtic com geogràfic. La precipitació a Catalunya té una especial singularitat causada tant per la seva irregularitat com per la seva varietat al llarg de tot el territori. Això comporta que en el territori català, els recursos pluvials hagin de ser minuciosament controlats.

Climàticament, la pluviometria queda ben definida, generalment, per 9 característiques que, tenint en compte les diferències d'escala, són aplicables a la resta de la península Ibèrica.

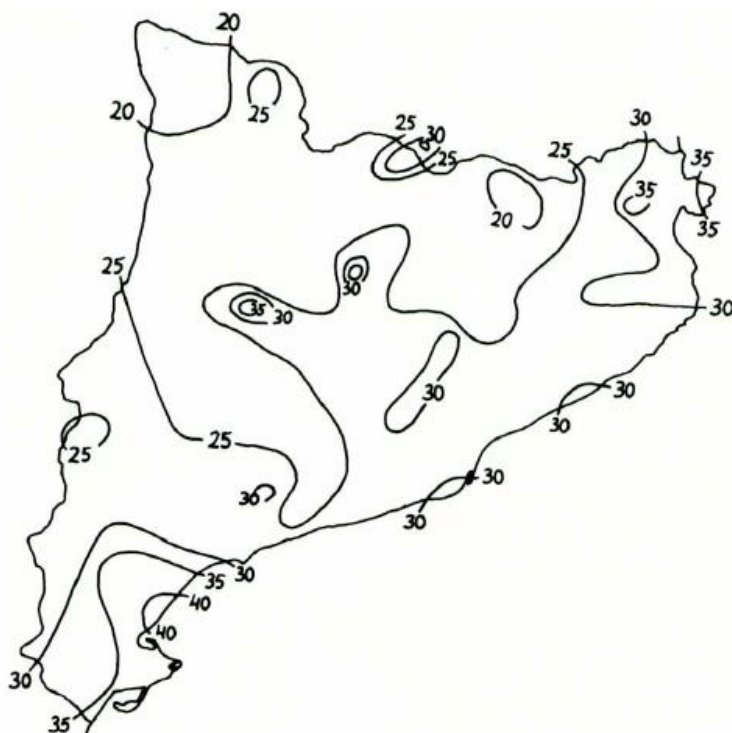
2.1.2.1 Quantitats modestes.

Degut al clima mediterrani que ocupa tot el territori català, a excepció de la Vall d'Aran, el règim de pluges a Catalunya és bastant modest. La mitjana de pluges es situa voltants els 700mm anuals. La mínima se situa a l'àrea més occidental de la Depressió Central Catalana, on la mitjana de pluges és encara més baixa, arribant tan sols a uns 350 – 400mm. Els valors màxims en quant a pluviometria se situen en el Pirineu català, en poblacions com Cabdella, La Molina... arribant a valors per sobre dels 1.250mm. Es fa una diferenciació a l'hora de nomenar els Pirineus entre el català i l'aragonès i el navarrès, ja que en aquest últim la mitjana de pluges està per sobre.

2.1.2.2 Elevada variabilitat i disparitat.

També degut al clima subtropical mediterrani al que pertany Catalunya, la variabilitat de pluges és molt significativa interanualment, el que comporta que, dins d'uns valors igualment modestos, uns anys poden ser remarcadament secs, seguits d'anys amb valors pluviomètrics més alts.

Amb excepció de la Vall d'Aran, la qual mostra valors més relacionats amb el clima atlàntic, els valors percentuals de variació de pluges (*il·lustració 7*) varien en més d'un 20% en el conjunt de tot el territori català i presenta variacions que ronden el 40% en tota la zona del Baix Ebre i del Montsià.



Il·lustració 1: Mapa percentual de variació de pluges a Catalunya.

(Font: La Pluviometría en Cataluña, J. Martín Vide)

2.1.2.3 Gran Irregularitat Diària.

Les quantitats de pluja diària resulten més dispars en la zona més propera al mar Mediterrani i en les comarques més seques, en el sentit de que durant uns pocs dies de pluja s'arriba a comptabilitzar un alt percentatge de la pluja anual. Com a referència, a la ciutat de Barcelona, només el 25% dels dies més plujosos aporta el 70% del total de precipitació anual. Això demostra que l'índex de pluges és molt sensible a les variacions atmosfèriques, que poden afavorir o no a l'aparició d'aquests dies d'alta intensitat de pluja.

2.1.2.4 Alta intensitat diària i horària.

La pluja mansa i continua no és pas una característica en bona part de Catalunya. En el seu lloc, la pluja intensa i torrencial, que precipita en poques hores, a vegades incús en minuts, les quantitats que a l'Europa atlàntica cau en diversos dies, és molt més característica. Hi ha algun registre de 24h que marca valors per sobre del 400mm (Alforja, 10 d'octubre de 1994), tot i que, queda lluny dels 800mm del País Valencià, que marcà el record de l'estat Espanyol. També hi ha constància de valors que marquen intensitats instantànies superiors als 5mm/min.

2.1.2.5 Existència de llargs períodes de sequera.

Si de manera general les precipitacions són bastant modestes i cauen molt concentrades en el temps, és obligatori que les temporades sense precipitacions siguin molt comuns i coneguts a gran part de les comarques catalanes. La duració mitjana de les seqüències de dies sense precipitació apreciable, supera els 7 dies a la ciutat de Tarragona. Tot i això, els períodes secs mes llars es produeixen a l'estiu, inclús a la primavera, on, a diverses comarques, s'han donat ratxes de més d'un mes sense pluja.

2.1.2.6 Problemes d'aridesa.

L'aridesa, com a dèficit hídric permanent o una diferència negativa entre els valor de precipitació i d'evapotranspiració, marca la pluviometria catalana, amb major o menor intensitat, amb excepció de certs sectors de la franja pirenaica.

És durant els mesos estivals on l'aridesa s'incrementa notablement, sobretot a les comarques de la Lleida meridional o les comarques del Tarragonès limítrofes amb Aragó.

2.1.2.7 Règims estacionals molt marcats.

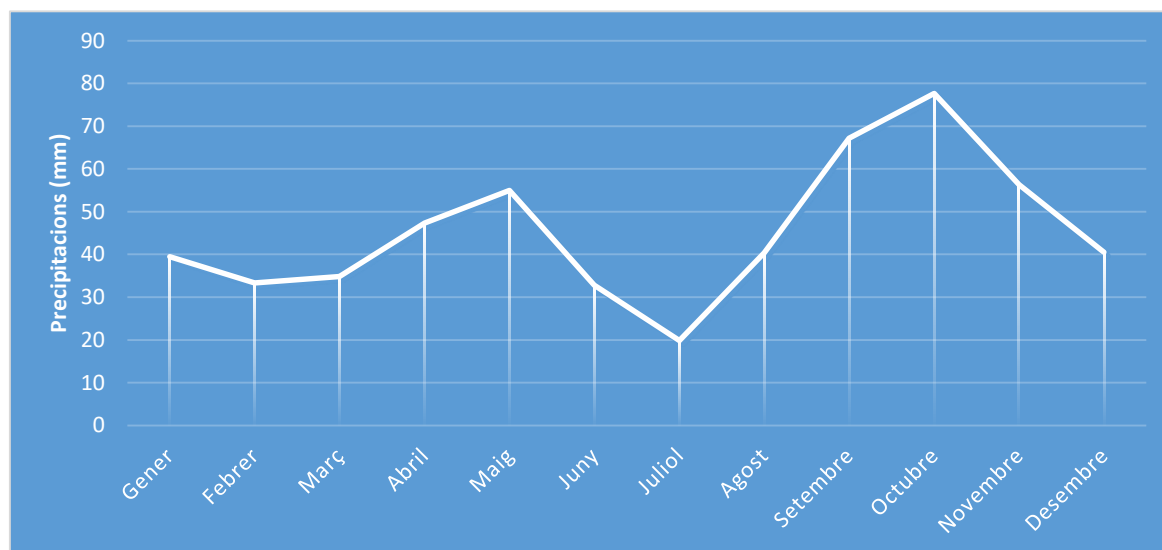
Un dels fets més sorprenents a Catalunya es la diversitat de règims estacionals, i més tenint en compte que tant el clima mediterrani com l'oceànic, a l'estiu, resulten poc afavoridors en quant a precipitacions. Si els màxims de la tardor es poden atribuir a la influència del Mediterrani y els mínims hivernals a la posició més oriental a la península Ibèrica, els màxims estivals del Pirineu resulten força singulars. En poques paraules, no es pot respondre fàcilment quina és l'època mes plujosa i quina la més seca a Catalunya.

Tant a la taula següent com en el gràfic fet per facilitat la informació, es pot demostrar com durant els mesos d'estiu els nivells pluviomètrics baixen força, respecte als valors corresponents a la resta d'estacions. També es demostra la forta pujada de pluges que afecta al territori català durant els mesos de tardor.

La taula i el gràfic mostrats a la pàgina següent fan referència als valors mitjos de precipitacions registrats a diferents punts de la geografia catalana durant els anys 1981 i 2010. Permet demostrar fàcilment les afirmacions anteriorment citades respecte a la variació de pluges entre les diferents estacions de l'any.

MESOS/LOCALITZACIÓ	Barcelona (Fabra)	Barcelona (Aeroport)	Girona (Aeroport)	Lleida	Reus (Aeroport)	Tortosa	Mitjana (mm)
Gener	50	37	62	26	29	33	39,5
Febrer	43	35	51	15	28	28	33,3
Març	44	36	50	21	28	30	34,8
Abril	53	40	67	39	37	48	47,3
Maig	58	47	71	42	54	58	55
Juny	30	30	60	27	25	25	32,8
Juliol	24	21	32	12	15	15	19,8
Agost	41	62	46	18	42	33	40,3
Setembre	75	81	70	41	77	59	67,2
Octubre	91	91	88	43	75	78	77,7
Novembre	66	59	70	30	53	60	56,3
Desembre	46	40	56	24	36	41	40,5

Taula 4: Taula de valors mitjos de precipitacions a diferents punts de Catalunya entre 1981 i 2010. (Font: Aemet)



Gràfic 4: Pluges a Catalunya entre 1981 i 2010. (Font: Aemet)

2.1.2.8 Mal repartiment estacional.

Climàticament es donen règims pluviomètrics estacionals molt variats, inclòs contraposats entre si; però, també, meteorològicament, cada any presenta, per un mateix lloc, un comportament diferent que, a vegades pot diferir en gran mesura respecte a la mitjana. No és estrany llavors que, si en una determinada comarca, un any, la tardor és l'estació més plujosa, un any determinat pot esdevenir molt seca. Això augmenta la inseguretat dels catalans respecte a l'aportació pluviomètrica.

2.1.2.9 Anomalies anuals de distint signe entre comarques.

La varietat geogràfica al territori català és tal que, dins d'un mateix any, una part del territori pot estar sofrint desviacions positives amb respecte a la mitjana, mentre que d'altres poden presentar valors totalment contraris. Aquest fet és rellevant si tenim en compte les petites dimensions que presenta Catalunya.

2.1.3 Pluviometria a Viladecavalls.

L'objectiu d'aquest apartat és el de calcular, de manera aproximada, la quantitat d'aigua que s'acumula a la població de Viladecavalls, dada que ens ajudarà en el futur a l'hora de continuar amb el disseny del sistema d'aprofitament d'aigües pluvials.

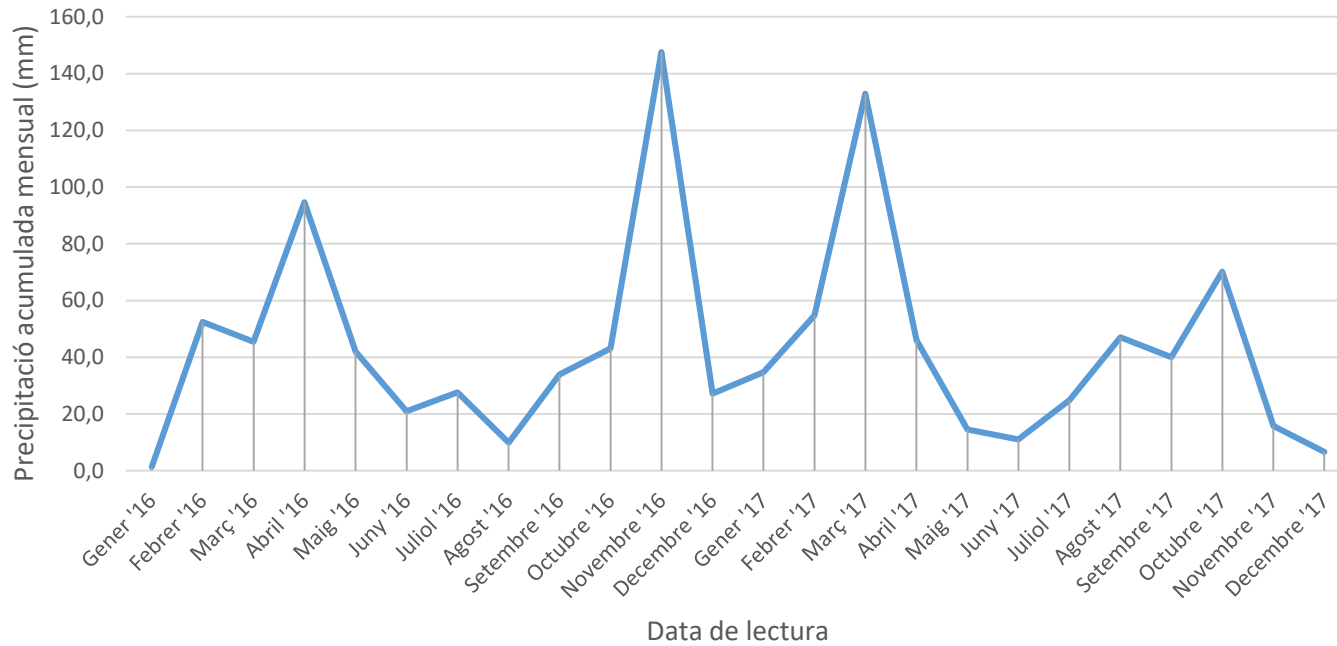
Per tal de poder dur a terme aquest càlcul, es van demanar les dades pluviomètriques de l'estació meteorològica situada a Vacarisses, propietat del Servei Meteorològic de Catalunya i la més propera a Viladecavalls, dels dos últims anys, començant l'estudi el gener del 2016 i acabant-lo el desembre de l'any següent. Un cop es van obtenir les dades mencionades, es va procedir al seu anàlisi per tal de poder identificar els valors màxims de cada temporada i així poder adequar millor el sistema de captació i emmagatzematge d'aigües pluvials. També es van estudiar les dades amb l'objectiu de poder identificar les èpoques on l'acumulació d'aigua és major:

- En els mesos de març, abril i maig i els mesos de setembre, octubre i novembre, mesos que es podrien classificar en primaverals i de tardor respectivament, la mitjana mensual es situa en el 60'5mm d'aigua acumulada, amb pics situats durant el mes de novembre de 2016 i el mes de març del 2017 en 147,6mm i 132,9mm d'aigua pluvial.
- Durant els mesos que es podrien identificar per la seva climatologia com a mesos d'hivern i d'estiu. És a dir: desembre, gener i febrer per l'hivern i juny, juliol i agost com a mesos d'estiu. La cosa canvia radicalment. Ja que, com és fàcilment observable gràcies a la gràfica, els valors pluviomètrics descendeixen en picat cap a una mitjana mensual d'uns escassos 26,54mm i uns valors màxims de només 52,4 per al mes de febrer del 2016 i de 54,7 per al mateix mes de l'any següent.

Com a conclusió d'aquest anàlisi podem afirmar que, tot i que la pluja en els territoris afectats per el clima mediterrani és força dispersa, almenys en el Vallès Occidental i molt



probablement en la resta de comarques catalanes properes a la costa, és durant els mesos de primavera i de tardor on l'acumulació d'aigua per precipitacions s'intensifica.



Gràfic 5: Precipitació acumulada mensual a Vacarisses (mm). (Font: Meteocat)

Data Lectura	P.A.M. (mm)
Gener '16	1,3
Febrer '16	52,4
Març '16	45,5
Abril '16	94,7
Maig '16	42,0
Juny '16	21,0
Juliol '16	27,6
Agost '16	9,9
Setembre '16	33,9
Octubre '16	43,1
Novembre '16	147,6
Desembre '16	27,2
Gener '17	34,7
Febrer '17	54,7
Març '17	132,9
Abril '17	46,0
Maig '17	14,5
Juny '17	11,1
Juliol '17	24,9
Agost '17	47,0
Setembre '17	40,1
Octubre '17	70,2
Novembre '17	15,8
Desembre '17	6,7

Taula 5: P. A. M. a Vacarisses (mm). (Font: Meteocat)

2.1.4 Introducció a l'aprofitament de les aigües pluvials.

L'aigua de pluja sempre ha estat un recurs bàsic per a la humanitat i la seva evolució. És per això que existeixen molts registres de civilitzacions que, durant el transcurs de l'història, han fet de l'aigua de pluja un recurs bàsic, la majoria de les vegades com a conseqüència de l'aridesa climàtica. Això va donar pas al desenvolupament de sistemes de captació i emmagatzematge d'aigües pluvials per al seu posterior aprofitament. Els *chultuns* a l'Imperi Maia, l'*impluvium* romà, els *aljubs* àrabs o els mil·lenaris *shuijiao* a la Xina són alguns dels exemples que millors il·lustren com cultures molt diferents han emprat diferents tècniques d'aprofitament d'aigües pluvials amb la finalitat de solucionar un problema tant actual com la falta d'accés a aigua potable.

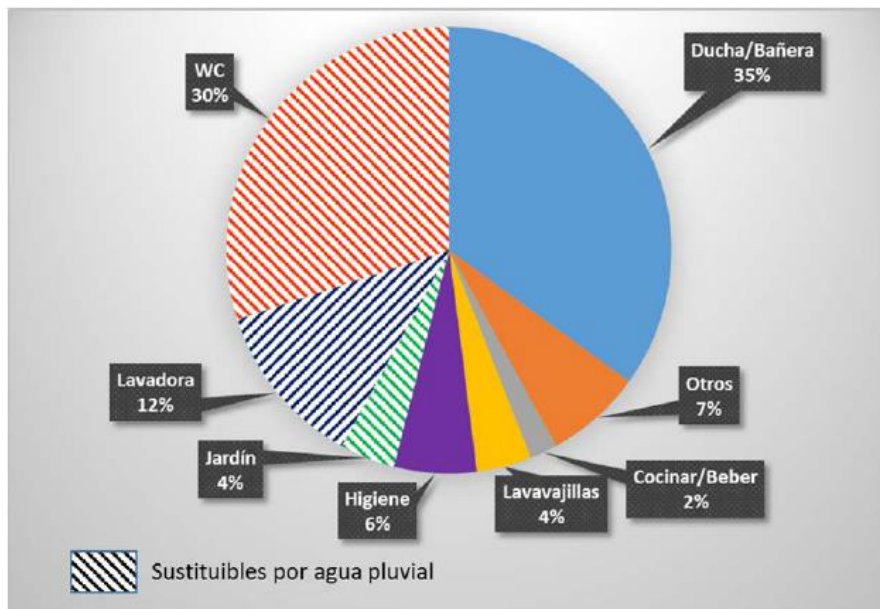
A l'actualitat, a Espanya, els sistemes d'aprofitament d'aigües pluvials han guanyat en grau d'acceptació, si bé en altres països del continent europeu com Alemanya, França, Regne Unit o els països escandinaus, aquests sistemes fa dècades que són impulsats i regulats legalment per les seves institucions governamentals i aquests concedeixen subvencions als ciutadans que desitgin instal·lar un dipòsit al seu habitatge, a més d'establir un conjunt de normes estrictes en a la integració en edificis d'obra nova incrementant així la seva sostenibilitat. La proliferació d'aquestes tècniques en alguns països que no registren dèficit hídric es deu a diversos factors. Per un costat, són països amb un elevat nivell de desenvolupament econòmic i industrial. A més compten amb una dilatada tradició en quant a l'aplicació de criteris de sostenibilitat i es caracteritzen per una notable conscienciació ecològica i cívica. També és obligat mencionar el fet que, en aquests països, el preu de l'aigua pot arribar a triplicar el preu mig a Espanya. Y per últim, la implantació d'aquests sistemes de captació d'aigües pluvials està vinculada a la mitigació de les inundacions provocades per els episodis de pluges de gran intensitat. Aquest últim factor és el que ha portat a la implementació de sistemes, principalment de caràcter urbà, de recollida d'aigua com els dipòsits o els SUDS (Sistemes Urbans de Drenatge Sostenible), de gran importància en països com Regne Unit, sent Escòcia el millor exemple; o a Dinamarca, amb un pla urbanístic contra les inundacions per a la ciutat de Copenhaguen.

En el litoral Mediterrani, caracteritzat per un règim de pluges irregular, i on és habitual l'alternança de períodes de sequera amb temporals de pluges torrencials, els sistemes de aprofitament d'aigües pluvials proporcionen una solució viable de cara a afrontar situacions com els talls d'aigua o les restriccions d'ús. Mentre que l'ús d'aigües pluvials a l'interior d'habitatges en edificis ja construïts suposa una certa dificultat de cara al disseny i execució del projecte, l'ús d'aquest recurs natural per a reg de jardins urbans resulta considerablement més senzill, degut a que no existeixen tantes restriccions estructurals i/o espacials i la instal·lació necessària és relativament senzilla i menys costosa. Però l'anàlisi de viabilitat d'aquestes propostes no ha de centrar-se només en els criteris econòmics, també és molt important valorar els criteris de sostenibilitat i aprofitament de recursos naturals.

L'aprofitament de l'aigua procedent de la pluja te les següents avantatges:

- És un aigua neta en comparació amb altres fonts d'aigua dolça disponible.
- És un recurs gratuït i independent de les companyies subministradores.
- La infraestructura necessària per tal de captar, emmagatzemar i distribuir l'aigua és relativament senzilla.

També s'ha d'esmenar que per a molts usos domèstics, no es requereix que la qualitat de l'aigua sigui apta per al consum humà – és el cas de l'aigua que s'utilitza en la rentadora, rentaplats, reg, neteja de la casa, banys, etc. en aquests casos, la pluja pot substituir perfectament l'aigua procedent de la xarxa i inclús pot ser beneficiosa, ja que l'aigua de la pluja, a diferència de la procedent de la xarxa, està neta de calç, la qual danya els electrodomèstics. Tal i com mostra la següent imatge, més del 40% dels usos als quals es destina aigua potable en un habitatge, podrien ser substituïts per aigua de pluja, estalviant així aigua de major qualitat per als usos on realment és necessària.



Gràfic 6: Usos domèstics de l'aigua susceptibles de ser substituïts per aigua pluvial. (Font: Arahuetes Hidalgo, Ana, 2015)

2.1.5 Legislació aprofitament aigües pluvials.

Un pilar fonamental en la gestió de les aigües generades és la legislació que regula tant la depuració com la reutilització a nivell europeu d'aquestes. L'enduriment d'aquestes normatives durant els últims anys, les fortes sancions econòmiques que s'imposen pel seu incompliment, unit a l'increment de la demanda són factors que expliquen que tant el volum de caudals depurats, com la seva qualitat, s'hagin incrementat de manera notable durant els últims anys.

L'escena politico-administrativa de la reutilització s'organitza jeràrquicament des de l'escala europea a través de la *Directiva Marco del Agua 2000/60/CEE*, del 22 de desembre, on s'estableix el bon estat de les masses d'aigua, protegint així els ecosistemes relacionats. Aquesta Directiva neix com a resposta a la necessitat d'unificar les actuacions relatives a la gestió d'aigües dels països que conformen la Unió Europea. També la *Directiva 271/91/CEE* sobre el tractament d'aigües residuals defineix els sistemes de recollida, tractament i abocament de les aigües residuals urbanes. A nivell nacional, la *Ley de Aguas de 1985* va establir les pautes per a l'aprovació del *Plan Nacional de Depuración (1995)* i posteriorment el *Plan Nacional de Calidad (2006)*.

En el relatiu a la normativa relacionada amb la gestió de la reutilització existeixen alguns buits legals sobre aquesta temàtica en la legislació europea, sent d'obligada aplicació la normativa nacional. A Espanya, la normativa que regula la gestió i reutilització de les aigües residuals es el *Real Decreto 1620/2007*, a través del qual s'estableix el règim jurídic de la reutilització de les aigües depurades. Però la situació canvia per a la reutilització d'altres tipus d'aigües. Un dels principals problemes al que s'enfronta la reutilització de tant les aigües grises com les pluvials és la falta d'un marc legal que les reguli. No existeix cap normativa europea sobre l'aprofitament de les aigües pluvials, així com no existeix cap normativa estatal, autonòmica o local sobre els criteris de qualitat sanitària per a la reutilització d'aigües d'origen pluvial o gris. Tampoc s'hi contemplen les instal·lacions de reutilització d'aigües grises ni pluvials en el *Código Técnico de Edificación*. Tot i que si existeixen a nivell nacional uns documents de referència i consulta elaborats per AQUA España l'any 2011, que són la "*Guia técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios*" i la "*Guia española de recomendaciones sobre las aguas grises recicladas*". És la manca d'empara legal la que milita la seva implantació i desenvolupament.

2.1.5.1 *Guía Técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios.*

La guia que s'utilitzarà per tal de dur a terme tots els càlculs previs i posterior instal·lació de tot l'equip relacionat amb la reutilització de les aigües pluvials serà l'anteriorment esmenada: *Guía Técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios*, realitzada per la *Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas (Aqua España)*.

L'associació Aqua España està formada per persones de diferents especialitats. Ja sigui enginyers de camins, microbiòlegs, químics, diversos catedràtics d'universitats com la UPC o la UB... amb l'objectiu de treballar per un progrés tècnic i econòmic del sector de l'aigua, amb un ferm compromís pel compliment de les bones practiques professionals en el cicle integral de l'aigua.

El compromís d'Aqua España amb les solucions sostenibles per al condicionament i gestió de l'aigua va fer que l'any 2008, l'Associació creés una comissió de treball orientada a promoure el coneixement de les solucions per a l'aprofitament de les aigües pluvials en edificis, aplicable a medis mediterranis com en el cas que ens ocupa.

Aquesta guia facilita informacions i criteris sobre els components, el disseny i dimensionat, la instal·lació i l'ús dels sistemes de reutilització d'aigües pluvials per a tota mena d'edificacions, construccions noves i rehabilitació d'edificis.

2.1.6 Mitjans de transport i emmagatzematge d'aigües pluvials.

Es consideraran superfícies de captació aquelles que, exceptuant les operacions relacionades amb manteniment, no seran transitables. Des d'un punt de vista quantitatiu, es poden fer servir totes les superfícies de recollida disponibles que siguin adequades. L'adequació es mesurarà segons la qualitat de l'aigua sortint. El disseny de les pendents de les cobertes, els sistemes de drenatge així com els embornals s'hauran de realitzar d'acord amb el codi tècnic de la legislació vigent.

Les superfícies de captació poden ser diverses i s'ha de tenir en compte que, aquestes, produeixen uns efectes tan quantitatius com qualitatis en l'aigua recollida.

A nivell qualitatiu s'ha de tenir en compte les limitacions dels sostres verds (per l'aportació de nutrients), els sostres asfàltics (per l'aportació d'hidrocarburs) o els sostres metàl·lics (per l'aportació de ions metàl·lics), així com les limitacions especificades a la normativa en referència als sostres de fibrociment, amiantos o d'altres.



Il·lustració 2: Sostre verd, asfàltic i metàl·lic, d'esquerra a dreta. (Font: Google Images)

A nivell quantitatiu, la posició, inclinació, orientació i composició de la superfície de captació han de ser considerats. Segons la Norma DIN 1989-1:2001-10, “*Sistemas de utilización del agua de lluvia-Parte 1: Planificación, diseño, operación y mantenimiento*” es poden aplicar, com a base de partida en funció de l'estil de sostre, els següents coeficients de la superfície de captació expressats en tant per u.

Composició	Coeficient
Sostre dur inclinat *	0,8
Sostre pla sense graveta	0,8
Sostre pla amb graveta	0,6
Sostre verd intensiu	0,3
Sostre verd extensiu	0,5
Superfícies empedrada	0,5
Revestiment d'asfalt	0,8
* desviacions en funció de la capacitat d'absorció i la rugositat	

Taula 6: Coeficients de fricció de l'aigua segons superfície expressats en tant per u. (Font: AQUA España)

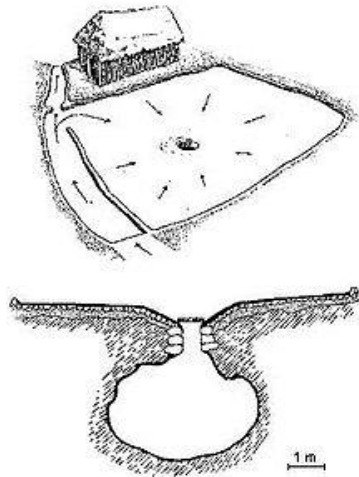
2.1.6.1 Exemples de sistemes de captació i emmagatzematge d'aigües pluvials a l'antiguitat.

Que l'aigua és l'element més important per al desenvolupament de les civilitzacions, és una qüestió que no es pot posar en dubte. Les més importants civilitzacions han crescut a partir d'un assentament al costat d'un riu de gran cabal o al costat del mar. Els egipcis tenien en riu Nil; la ciutat de Roma creix als dos costats del Tíber; la civilització maia comptava amb el riu Amazones...

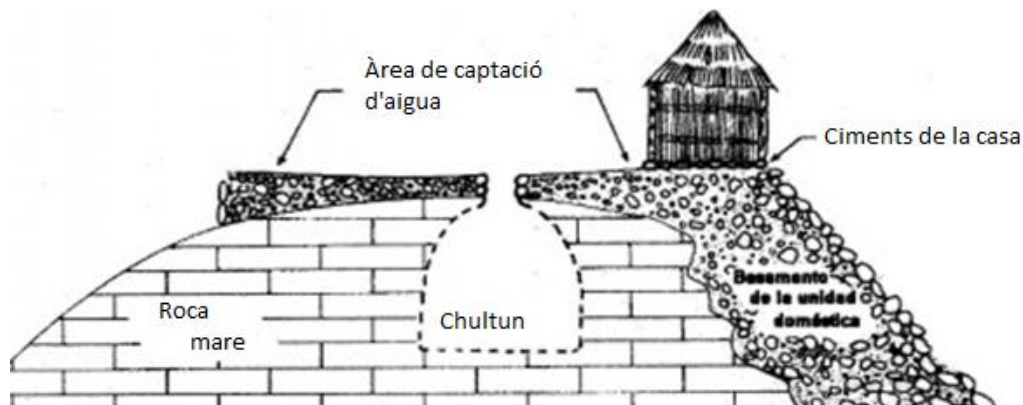
El problema ve quan la societat creix i s'acaba allunyant d'una font d'aigua dolça i és per això que existeixen nombrosos casos on les més importants civilitzacions antigues van acabar desenvolupant sistemes enfocats a l'aprofitament de l'aigua que els hi queia del cel, com els mostrats a continuació i ja esmenats anteriorment:

Chultun maia.

Un *chultun* és una cavitat en forma d'ampolla, excavada per l'antic Imperi Maia sota la suau roca calcària típica de la zona de la península del Yucatán que ocuparen els maies. Arqueòlegs i historiadors coincideixen en que els *chultuns* es van fer servir per a feines d'emmagatzematge, tan aigua de pluja com d'altres objectes, també es feien servir com a deixalleria o per efectuar-hi enterraments.



Il·lustració 3: Chultun per a emmagatzemar aigua de pluja. (Font: Viquipèdia)



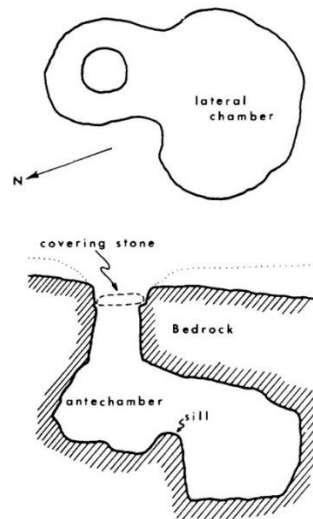
Il·lustració 4: Esquema funcionament Chultun. (Font: Viquipèdia)

La majoria d'aquestes construccions situades a la part més al Nord del Yucatan tenien una obertura llarga en forma de coll que seguia per un cos molt més ample i cilíndric amb una profunditat mitjana de sis metres, cosa que, vist en secció, donava una idea d'ampolla. Les seves parets internes estaven recobertes de guix, per tal de guanyar impermeabilitat.

Els més antics tenien grans capacitats, que rondaven volums de 7 a 50 metres cúbics i, per tant, capaços d'allotjar entre 70.000 i 500.000 litres d'aigua de pluja.

També hi havia *chultuns* més petits (amb profunditats aproximades de dos metres) i amb zona de sabata situats a les zones baixes de les terres del sud i est del Yucatan, la majoria d'ells originaris dels períodes Preclàssics o Clàssics. La forma de sabata era donada per una cambra lateral, que es pensa que estava dissenyada guardar objectes ceràmics, no

aigua. Ja que estaven construïts sobre una petita elevació del sòl i amb pedres als voltants per tal d'impedir l'entrada d'aigua.



Il·lustració 5: Chultun per emmagatzemar altres objectes. (Font: Viquipèdia)

Impluvium romà.

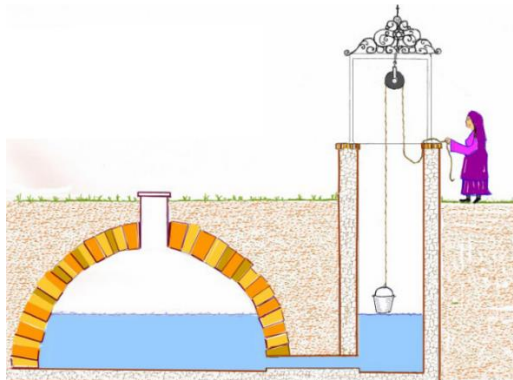
L'*impluvium* és una mena de piscina interior, de no més de 30cm de fondària, que se situava a l'*atrium* (part central) de les cases romanes, gregues o etrusques. Allà desembocava l'aigua de la pluja provinent del *compluvium*, que era una obertura just a sobre del *impluvium* al centre del sostre per on entrava la llum del sol i la pluja. També s'aprofitava l'aigua per regular la temperatura interna de la casa durant els dies amb temperatures més elevades.



Il·lustració 6: Imatge de compluvium (forat sostre) i impluvium (piscina interior). (Font: Viquipèdia)

Aljubs àrabs.

La paraula *aljub* prové de la paraula *algúbb* de l'àrab hispà i, aquesta prové de la paraula *gubb*, de l'àrab clàssic.



Il·lustració 7: Esquema aljub domèstic. (Font: Viquipèdia)

És una construcció de maó o rajola cuita amb façanes generalment realitzades per arcs de mig punt o ferradura que servia com a dipòsit d'aigua potable, proveint-se de l'aigua de la pluja.

La seva funció principal era la de abastir d'aigua potable aquelles poblacions allunyades d'una font que les abastís. De fet, durant molt anys, la construcció d'un *aljub* era l'única manera que tenien aquests pobles d'accedir a reserves d'aigua potable. Per aquesta raó, els enginyers àrabs les construïen a prop de rambles on, la seva pendent conduïa l'aigua de pluja cap a l'entrada dels *aljubs*.

Un exemple d'*aljub* és el que trobem a Granada, al barri de l'Albaidí. L'anomenat *Aljub del Rey*, datat del S.XI i amb 300 metres cúbics de capacitat.

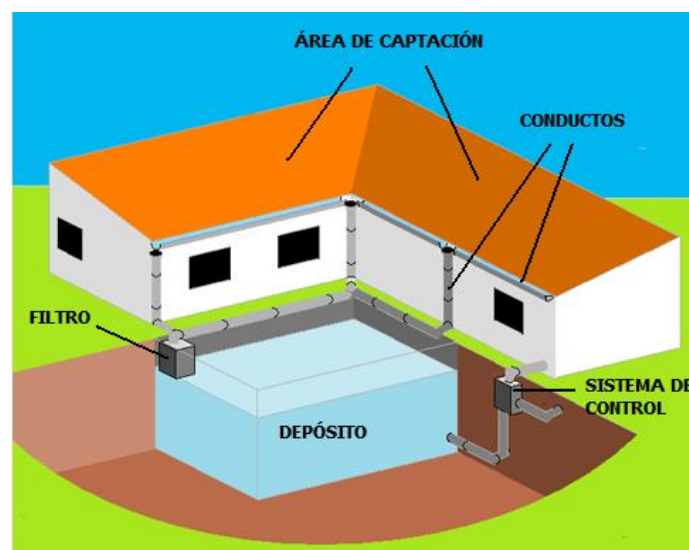


Il·lustració 8: Aljub del Rey (Granada). (Font: Viquipèdia)

2.1.6.2 Explicació del sistema de captació i emmagatzematge d'aigües pluvials a l'actualitat.

Des dels anys 80, l'aprofitament de les aigües pluvials ha experimentat un desenvolupament tecnològic considerable. Actualment, i a diferència de com era en l'antiguitat, no existeix tanta varietat en quant a sistemes enfocats a l'emmagatzematge de les aigües pluvials, ja que tots han acabat evolucionant cap al sistema d'aprofitament actual. El qual segueix els mateixos principis que a l'antiguitat, però actualment no val amb captar l'aigua i emmagatzemar-la

Un exemple del sistema de captació i emmagatzematge d'aigües pluvials és el mostrat a la següent imatge i explicat a continuació.



Il·lustració 9: Exemple de sistema de captació i emmagatzematge d'aigua pluvial. (Font: Google Images)

- **Àrea de captació:** normalment consisteix en l'àrea relacionada amb el sostre d'una casa, així com qualsevol altre superfície impermeable de la qual es pugui recollir aigua. El material d'aquestes superfícies ha de ser innocu per l'aigua (pedra, ceràmica, etc.) i no pot contenir cap impermeabilitzant que pugui aportar substàncies tòxiques a la mateixa.
- **Sistema de canonades:** en aquest sistema podem incloure des de la pròpia inclinació del sostre fins a les canonades enfocades a portar l'aigua al dipòsit. El sistema ha de dimensionar-se correctament per tal d'evitar que l'aigua desbordi i, per tant, es pugui desaproveitar part de l'aigua.
- **Filtres:** destinats a eliminar la pols i les impureses de l'aigua. Existeixen diferents sistemes per filtrar l'aigua, depenent de si es vol eliminar les impureses més simples i de major mida o si el nostre objectiu és el de potabilitzar l'aigua. També existeixen filtres que permeten rebutjar els primers litres d'aigua, per tal de permetre un rentat de la superfície destinada a la captació de l'aigua abans de començar a recol·lectar-la.

- **Dipòsits o aljubs:** són els espais destinats a l'emmagatzematge de l'aigua recol·lectada. En funció de la quantitat d'aigua que es vulgui, i es pugui, guardar, seran d'una mida major o menor. Les parets dels dipòsits han de ser de materials impermeables i que permetin la correcta conservació de l'aigua.
- **Sistemes de control:** aquests són sistemes opcionals que gestionen l'alternança de la utilització de l'aigua de reserva i l'aigua provinent de la xarxa general. Es a dir, un sistema encarregat de controlar l'ús d'aigua de xarxa quan l'aigua de pluja s'ha esgotat.

2.1.7 Mitjans de filtratge d'aigües pluvials.

2.1.7.1 Objectiu del filtratge de l'aigua.

Previ a l'entrada de l'aigua de pluja als dipòsits d'emmagatzematge d'aquesta, les aigües han de ser filtrades per tal d'evitar l'entrada d'elements que puguin afectar al correcte funcionament del sistema, crear averies, empitjorar la qualitat de l'aigua o causar costos de manteniment innecessaris.

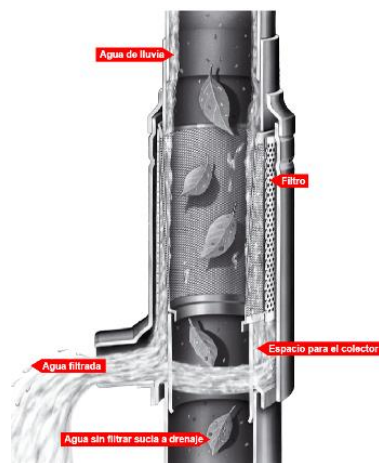
La raó més important per la qual cal instal·lar un sistema de filtratge de les aigües pluvials que es facin servir es la bacteriana. Ja que l'aigua de pluja, a l'entrar en contacte amb el sostre, arrastra amb ella totes les bactèries fecals provinents d'ocells, apart d'atrapar tota la pols que hi pot haver en l'ambient després una llarga temporada en absència de pluges.

2.1.7.2 Tipus de filtres.

És possible distingir tres tipologies de filtres que varien segons la seva ubicació.

- **Tipus U1. Filtres per a la instal·lació en baixants.**

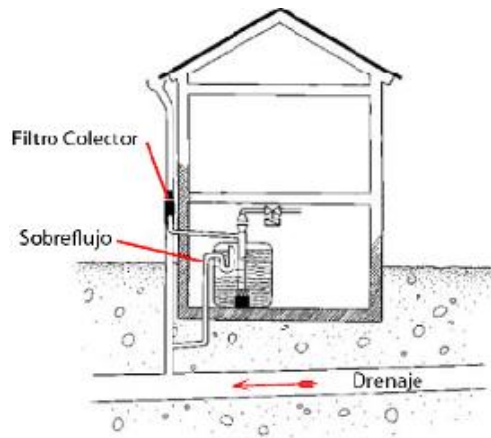
Un exemple d'aquest tipus de filtre és el que comercialitza l'empresa d'origen alemany Wisy, que actualment és pionera a nivell mundial en quant a recuperació d'aigües pluvials.



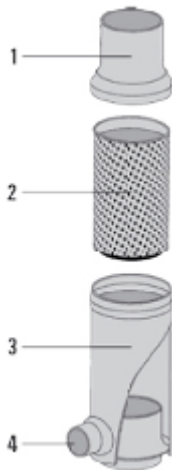
Il·lustració 10: Exemple filtre tipus U1. (Font: Macrotecnologia de Procesos).

Aquest tipus de filtratge permet:

- Una ràpida i senzilla instal·lació a la canonada vertical de la baixant d'aigua.



Il·lustració 11: Exemple instal·lació filtre tipus U1. (Font: Macrotecnologia de Procesos).



Il·lustració 12: Explosionat filtre tipus U1. (Font: Macrotecnologia de Procesos).

- Un funcionament òptim per a sostres de fins a 200 metres quadrats.
- Garantir una filtració de tots els elements amb una mida major a 0,28 mil·límetres; ja sigui pols, sorra insectes o fulles d'arbres. Tot el que superi aquestes dimensions anirà a parar a la línia de drenatge.
- Un rendiment màxim del 90% d'aigua aprofitada en condicions de pluja normal i d'un 50% en condicions de pluja torrencial.
- Un manteniment molt baix gràcies a la seva senzillesa de muntatge.
- Complir amb la norma DIN 1986, que fa referència a Sistemes de Drenatge en Sòl Privat.

- 1- Housing superior.
- 2- Filtre.
- 3- Cos del filtre.
- 4- Sortida d'aigua ja

- **Tipus U2. Filtres per a la instal·lació en dipòsits.**

Aquest tipus inclou tots els mètodes de filtració que s'han de dur a terme en un dipòsit, és a dir, emmagatzemar una certa quantitat d'aigua, tractar-la i posteriorment conduir-la cap a dipòsit on es guardaria fins que s'hagués de fer ús d'ella. Aquests mètodes estan més aviat enfocats a una filtració de partícules més petites que el mètode anterior, són mètodes encarregats de desinfectar l'aigua, no pas de retenir grans sòlids com podrien ser els descrits anteriorment.

- Desinfecció per ebullició:

Aquest és el sistema més convencional de tots, ja que només és necessària una ebullició d'entre 15 i 30 minuts per així eliminar totes les bacteries. Tot i això, d'entre les nombroses desavantatges de les que conta aquest sistema, n'hi destaquen la complexitat de bullir quantitats d'aigua relativament grans i l'augment de minerals dissolts, degut a l'evaporació de l'aigua.

- Desinfecció amb clor:

La desinfecció mitjançant la cloració és un dels mètodes més ràpids, econòmics i eficaços per tal d'eliminar les bacteries existents a l'aigua. Tot i que es necessita una quantitat important de clor per tal de neutralitzar aquesta matèria orgànica, només és necessària una part, la denominada *clor residual lliure*, a l'hora de tractar possibles contaminacions posteriors de l'aigua a la xarxa o a l'habitatge. Segons la OMS, la concentració de clor lliure a l'aigua a tractar ha d'estar entre 0,2 i 0,5 mg/L.

Cal tenir en compte que la cloració només és eficaç en aigües clares. Si l'aigua no és transparent i conté impureses visibles a simple vista, el procés de cloració serà molt menys eficaç. En tal cas, caldrà realitzar sistemes de filtració preliminars.

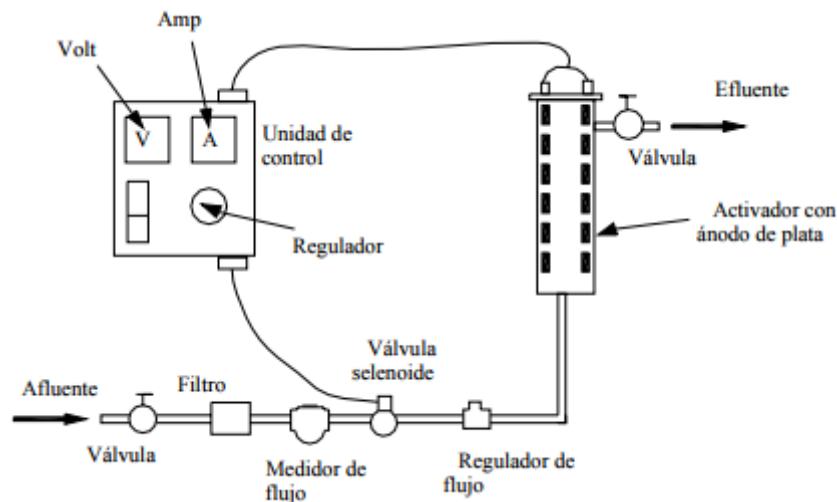
Una vegada hem aconseguit aigua clara, ja es pot procedir a la desinfecció per cloració. La quantitat de producte clorat necessari varia segons la qualitat de l'aigua no tractada (en quant a terbolesa i acidesa menor a 8), el grau de concentració del producte emprat, el volum d'aigua i quant de temps es desitja mantenir la qualitat de l'aigua un cop acabat el tractament.

- Desinfecció amb plata iònica:

En el mercat existeixen diversos productes enfocats a la desinfecció d'aigua i verdures que utilitzen compostos de plata iònica o col·loïdal.

En la desinfecció amb plata es fan servir tres mètodes. El primer, de contacte, requereix fer fluir l'aigua a través de dispositius saturats de plata, ja siguin parets o pantalles, que hagin estat pintats amb pintures especials que la contenen; el segon mètode consisteix en dosificar solucions de plata en baixa concentració de la mateixa manera en que es fa en el procés mitjançant solucions de clor; el tercer mètode, l'electrolític, és el que sembla ser que ofereix un procediment més pràctic. Fa ús d'un determinat número d'elèctrodes de plata connectats a l'ànode d'una font elèctrica de baix poder. Un elèctrode inert es fa servir com a pol negatiu, on es produeix i allibera l'hidrogen. Per

electròlisi, els ions de plata són alliberats pels elèctrodes a dins de la corrent d'aigua, que serà tractada en proporció a la corrent subministrada. De manera que, mitjançant la variació de corrent, es varia la dosificació. És necessària la instal·lació d'una vàlvula solenoide per tal de tallar el flux d'aigua si el sistema no és capaç de produir la dosificació de plata suficient.



Il·lustració 13: Equip electrolític de plata. (Font: Organización Panamericana de la Salud.)

Les grans desavantatges que presenten els dos primers mètodes són dos. La primera està relacionada amb la dificultat de controlar la dosificació per manca d'un mètode simple d'anàlisi de laboratori; i la segona són els alts costos que té l'obtenció de la plata col·loïdal. De mateixa manera, al mètode electrolític els elèctrodes necessaris per produir els ions de plata es desgasten amb relativa rapidesa. Es calcula que el cost de desinfecció amb plata resulta de 200 a 300 vegades superior al cost mitjançant cloració.

L'últim mètode, tot i ser el més pràctic per dur a terme en petites instal·lacions, té la desavantatge afegida de requerir un cert nivell de coneixements en automatització, ja que la complexitat de tot el sistema de control de tota la sensorització és elevada. Ja que aquest procés no es pot fer de forma manual.

- Filtratge amb carbó actiu:

En aquest sistema l'aigua passa per un filtre de carbó activat, el qual conté milions de forats microscòpics que capturen i trenquen les molècules dels contaminants.

Aquest mètode és molt eficient per tal d'eliminar el clor, la mala olor, els sabors desagradables i els sòlids pesats de l'aigua. També reté alguns contaminants orgànics, com poden ser insecticides, pesticides o herbicides. El risc que representen aquests filtres és que poden saturar-se i contaminar-se amb microorganismes, per tant, és precís efectuar un canvi de filtres un cop cada 5 mesos, de no ser així, si no es té un sistema de desinfecció col·locat després del filtre (llum UV o plata iònica), l'aigua no és segura per a beure.

- **Tipus U3. Filtres per a la instal·lació individual (a arquetes, enterrades o a superfície).**

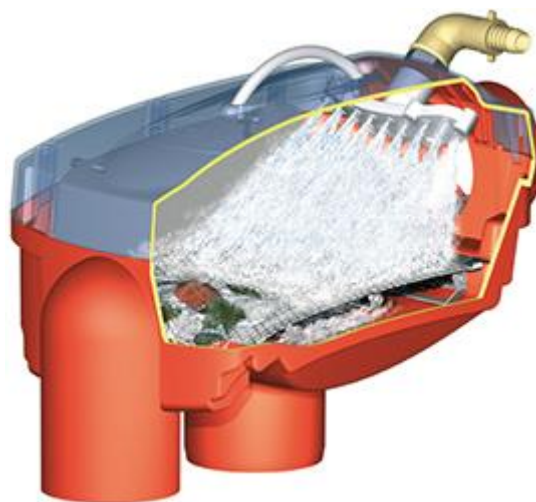
Els filtres tipus U3 estan destinats casi de manera exclusiva al tractament de les aigües pluvials, ja que són filtres destinats a l'eliminació de residus físics i es solen instal·lar com a fase posterior a l'entrada de l'aigua al dipòsit on s'emmagatzemarà, ja sigui en arquetes o just a la boca del dipòsit.

Principalment, i per tal de millorar el rendiment d'aquest tipus de filtres, es sol instal·lar abans un filtre tipus U1, ja que aquest és més adient a l'hora d'eliminar sòlids de gran mida, majoritàriament fulles. De manera que els filtres U3 estan enfocats a l'eliminació de restes de menor mida, tals com petites pedres que pugui arrossegar l'aigua pel sostre ceràmic

Tot i que les tasques de manteniment poden variar depenent de la freqüència i intensitat de les pluges, filtres com el mostrat a la següent fotografia gairebé eliminen aquest procés, ja que compten amb un sistema d'auto-rentat que elimina les restes de pluja del filtre injectant aigua a pressió sobre aquest.

Els filtres U3 estan dividits en 2 grups, depenent del seu lloc d'instal·lació o de la seva mida interna:

- Filtres interns:
 - Adaptables a l'entrada del dipòsit.
 - Redueix l'espai necessari per a la filtració.
 - Més del 95% de rendiment.
 - Manteniment reduït gràcies a la tecnologia d'auto-rentat.
 - Només 80mm de diferència entre l'altura de l'entrada i la de la sortida de l'aigua.
 - Màxima superfície de filtració: 350m² de sostre



Il·lustració 14: Filtre intern amb tecnologia d'auto-rentat. (Font: Graf Ibérica)

- Filtres externs o d'arqueta:
 - Més del 95% de rendiment.
 - Manteniment reduït gràcies a la tecnologia d'auto-reatat.
 - Profunditat d'instal·lació entre 570 i 1050mm.
 - Transitable per persones gràcies a la coberta de PE (màxim 150kg).
 - Tancament de seguretat per a nens.
 - Hermètic fins a nivell de sòl.
 - Màxima superfície de filtració: 350m² de sostre



Il·lustració 15: Filtre extern amb tecnologia d'auto-reatat. (Font: Gran Ibérica)

2.1.8 Emmagatzematge d'aigües pluvials.

L'objectiu de l'emmagatzematge és el de poder acumular amb les millors garanties l'aigua procedent de la pluja, per tal de poder ser utilitzada posteriorment per a tasques domèstiques.

2.1.8.1 Criteris d'escollida pel dipòsit.

- L'aigua ha d'emmagatzemar-se en el dipòsit, prèviament filtrada i neta de tota brutícia. El dipòsit ha de ser exclusivament per a aquest ús, en un sistema de reaprofitament de l'aigua de la pluja, i el seu material no ha d'alterar en cap cas la qualitat de l'aigua que hi conté.
- Per a una millor conservació de l'aigua, és recomanable protegir el dipòsit de la llum ultra violada i de fonts de calor. Aquestes precaucions han d'extremar-se en els dipòsits amb superfície a l'exterior. La solució més recomanable és la de mantenir els dipòsits enterrats o en un soterrani.
- Els components instal·lats a l'interior del dipòsit han de ser fàcilment desmuntables en cas d'averia.
- És imprescindible mantenir una arqueta o una entrada senzilla al dipòsit, per tal de permetre una fàcil inspecció, neteja i manteniment del mateix dipòsit.

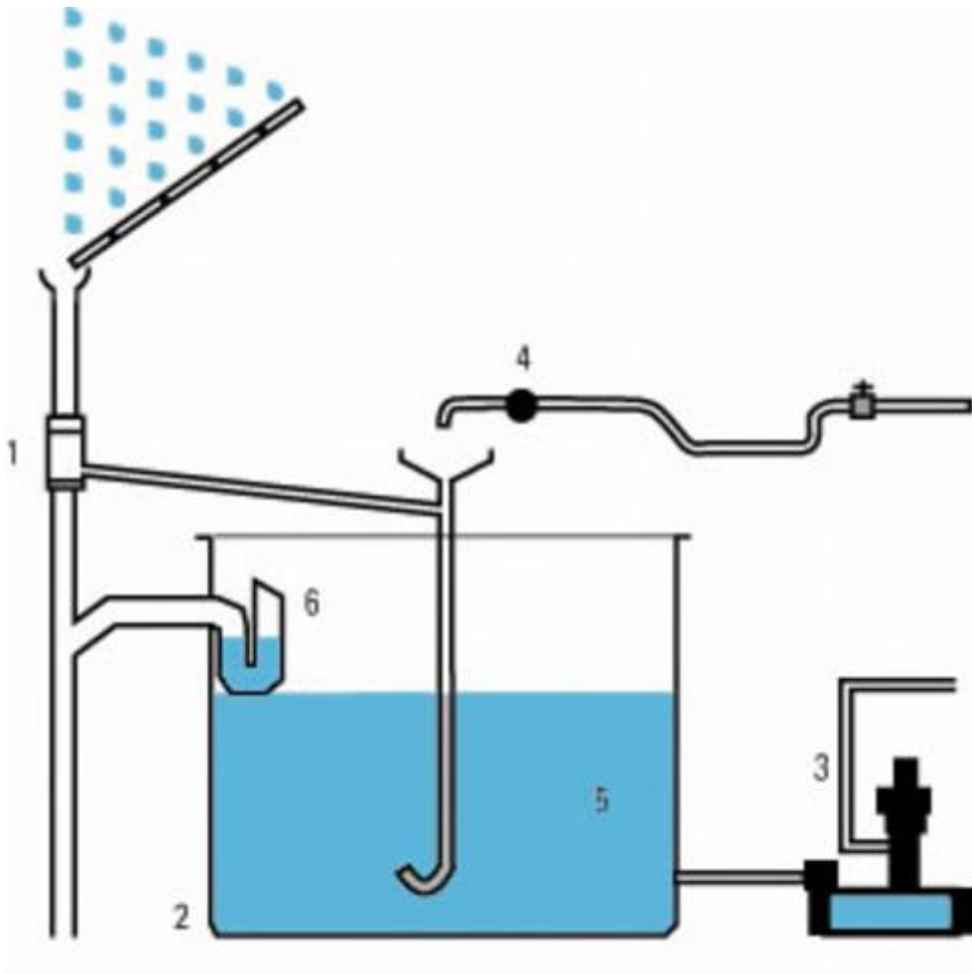
2.1.8.2 Instal·lació dels equips d'emmagatzematge.

Per tal d'impedir que l'aigua sobresurti del dipòsit, aquest ha de comptar amb un sobreeixidor i/o un sistema de sensors encarregat de tallar l'entrada d'aigua al dipòsit un cop aquest arribi al màxim de capacitat. En el cas del sobreeixidor, aquest ha de tenir un diàmetre igual o superior al diàmetre de la canonada d'entrada d'aigua.

En el cas de voler instal·lar un sistema d'entrada d'aigua de la xarxa al dipòsit d'aigües pluvials, per tal de poder garantir el subministrament d'aigua, ha de complir-se la Norma UNE-EN 1717 "*Protección contra la contaminación del agua potable en las instalaciones de aguas y requisitos generales de los dispositivos para evitar la contaminación por refluo*". És recomana que el sistema garanteixi el mínim consum d'aigua de xarxa possible.

Per tal de poder garantir que la qualitat de l'aigua és l'adient pel consum que li volem donar, el dipòsit ha de contar dels següents elements:

- Un o varis sistemes de filtrar, segons la necessitat.
- Deflector o entrada anti-turbulència d'aigua. L'aigua ha d'entrar des de la part inferior del dipòsit i en sentit ascendent, per tal d'evitar remoure els sediments que es poguessin crear.
- Es recomana instal·lar un sífó a la sortida de sobreeixida de l'aigua, per evitar el retorn d'aquesta en cas de sobrecarrega del dipòsit.



Il·lustració 16: Esquema il·lustratiu del sistema d'emmagatzematge de les aigües pluvials. (Font: Santa Cruz Astorqui, Jaime, 2007)

- 1- **Filtrat:** s'efectua abans de que l'aigua arribi al dipòsit de emmagatzematge, per tal d'impedir l'entrada de brutícia a dins del mateix.
- 2- **Dipòsit d'emmagatzematge:** punt d'acumulació de l'aigua recollida del sostre una vegada ja filtrada.
- 3- **Bombeig:** imprescindible per a poder dur a terme la distribució de l'aigua a través de tot el sistema de canonades de la casa.
- 4- **Realimentació d'aigua potable:** el sistema ha de preveure l'abastiment d'aigua en èpoques de sequera prolongada a través de la xarxa mitjançant una vàlvula controlada electrònicament.
- 5- **Interruptor de nivell:** acciona l'electro-vàlvula en cas de tenir el nivell d'aigua massa baix per tal d'omplir el dipòsit amb aigua potable.
- 6- **Sifó de descarrega:** per evitar el retorn de l'aigua en cas de sobrecàrrega.

Hi ha dos tipus de contenidors d'aigua pluvial, aquells que estan descoberts i aquells que estan sota terra.

Dipòsits descoberts:

La major avantatge que presenten aquest tipus de dipòsit és la facilitat que presenta la seva instal·lació, ja que les majors dificultats es poden trobar a l'hora de fer perforacions a les parets, tot i que no sempre són necessàries. També presenten l'atractiva avantatge de ser, generalment, més econòmics que els dipòsits soterrats.

Per contra, solen ser de mides més reduïdes que els soterrats i a l'estar en contacte amb la llum solar, la qualitat de l'aigua emmagatzemada no és tan alta.

Aquests es diferencien en cinc categories diferents:

- **Dipòsits utilitaris:**

Són l'opció més econòmica, fàcils de transportar i ampliables si és necessari.



Il·lustració 17: Exemple de dipòsit utilitari. (Font: Google Images)

- **Dipòsits decoratius:**

Fan una funció decorativa del jardí tenint a la disposició una gran varietat de dissenys.



Il·lustració 18: Exemple de dipòsit decoratiu. (Font: Google Images)

- **Dipòsits de gran volum:**

Són els més enfocats a acumular una gran quantitat d'aigua, ofereixen la possibilitat d'augmentar la seva capacitat si fos necessari i presenten la millor relació volum/preu.



Il·lustració 19: Exemple de dipòsit de gran volum. (Font: Google Images)

- **Dipòsits flexibles:**

El principal avantatge que presenten respecte als demés és la facilitat de transport i manipulació. També tenen una gran capacitat d'emmagatzematge i són una opció bastant econòmica.



Il·lustració 20: Exemple de dipòsit flexible. (Font: Google Images)

Dipòsits soterrats:

A diferència dels dipòsits descoberts, els dipòsits coberts presenten les avantatges de poder emmagatzemar grans quantitats d'aigua i una millor qualitat d'aquesta, ja que estan protegits dels rajos UV.

Tot i això, tenen uns costos majors, ja que per tal d'instal·lar-los és necessària la contractació d'empreses especialitzades i que els materials han de ser de major resistència deguda la pressió a la que estan exposats.



Il·lustració 21: Exemple de dipòsit soterrat. (Font: Google Images)

2.1.9 Reutilització de les aigües grises:

Com ja es va introduir, una gran part del consum quotidià pot ser substituït per aigües "grises" prèviament tractades.

Aquestes aigües grises solen representar entre un 40 i un 50% del total de l'aigua abocada a la xarxa de sanejament en un habitatge si es consideren aigües grises aquelles procedents del desguàs de la banyera, lavabo, pica de cuina, rentavaixelles o rentadora. El problema actual és que al disposar d'un únic circuit de desguàs, aquestes es barregen amb les aigües negres procedents dels inodors, augmentant en cost de la seva depuració i el seu futur aprofitament (per no dir que l'impossibiliten).

L'aigua gris tractada no disposa de la qualitat de l'aigua potable, però tot i així compleix la qualitat necessària per a que pugui ser destinada a proveir d'aigua les cisternes dels inodors (que poden arribar a consumir prop del 30% de l'aigua subministrada a un habitatge), per al regadiu i inclús per rentar la roba.

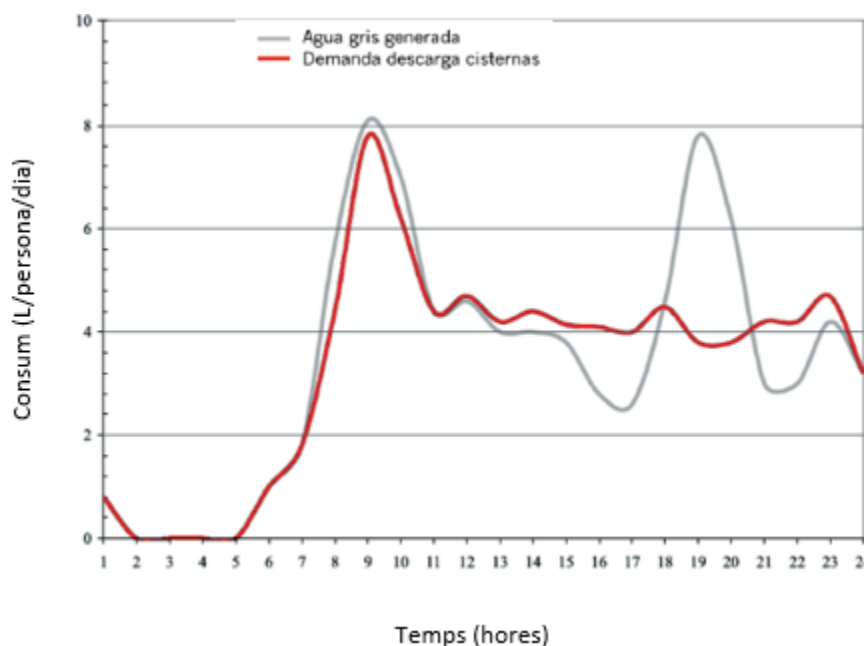
Les aigües grises compten amb només un 10% del nitrogen que contenen les aigües negres. Aquest component, que es presenta en forma de nitrats i nitrits, és el més seriós i difícil de retirar com a agent de pol·lució que afecta l'aigua potable.

2.1.9.1 Aplicacions de les aigües grises tractades:

Les aigües grises tractades es poden utilitzar en el reg de jardins i en l'horticultura, donat que són una font de gran valor com a adob. El fòsfor, potassi i nitrogen que contenen són, una font de pol·lució per a llacs, rius i aigües del terreny, però també són excel·lents fonts de nutrició per a plantes quan les aigües grises es reutilitzen com aigua de regadiu.

En el cas d'utilitzar les aigües grises per al reg dels espais comunitaris en blocs d'habitatges o en jardins privats per habitatges unifamiliars, és necessari un tractament inicial que pot ser efectuat mitjançant equips de depuració. L'estalvi en aquest casos pot variar entre un 6 i un 40% de l'aigua subministrada per la companyia (depenent de si es tracta de blocs comunitaris o d'habitatges unifamiliars).

La utilització més directa, fàcil i rentable és a l'emplenat de les cisternes dels inodors, donat el baix nivell de depuració que requereixen (no existeix contacte algun d'aquesta aigua amb les persones). En aquest cas, s'estaria parlant d'un estalvi mig de 50 litres/persona i dia per a una família de 4 membres, cosa que suposaria un estalvi d'aproximadament 200 litres/dia, és a dir, entre un 20 i un 30% del consum diari de l'habitatge.



Gràfic 7: Aigua gris generada i demanda d'aigua tractada en la descarrega dels WC.

(Font: Surendran & Wheatley, 1998)

Aquesta decisió suposaria duplicar el circuit de desguàs i subministrament a l'interior de l'edifici, convenientment senyalitzat per tal d'evitar possibles confusions i per complir amb la legislació vigent.

2.1.9.2 Avantatges i inconvenients de la reutilització de les aigües grises:

Els beneficis de la reutilització de les aigües grises inclouen un menor ús de les aigües potables, un menor cabal a les fosses sèptiques o plantes de tractament, una purificació altament efectiva, una solució per aquells llocs on no és possible un altre tipus de tractament, un menor ús d'energia i productes químics per bombeig i tractament...

Alguns dels inconvenients dels sistemes de reutilització d'aigües és que no poden ésser utilitzats en qualsevol habitatge, donat que és necessari un espai suficient que permeti desenvolupar el procés del tractament de l'aigua i que reuneixi les condicions climàtiques adequades. S'ha de tenir en compte que, tot i que les aigües grises, per norma general, no són tan perilloses per a la salut o medi ambient com les aigües negres provinents dels inodors, posseeixen quantitats significatives de nutrients, matèria orgànica i bacteries, de manera que si no es realitza un tractament eficaç previ a la seva reutilització, causen efectes nocius per a la salut, contaminació del medi i mals olors.

Tot i això, el major inconvenient pot ser de tipus sociològic, donada la poca tradició en aquestes tècniques, la qual provoca el rebuig dels usuaris a la reutilització de l'aigua en usos com el reg o la rentadora. Aquesta reticència pot ser compensada gràcies als estalvis econòmics que es poden obtenir i per el compromís que cada vegada més gent adquireix amb la sostenibilitat dels recursos.

	Una persona	Família 4 membres
consum d'aigua ANUAL		
SENSE sistema de reutilització d'aigües grises (L)	54.750	219.000
Cost	38,32 €	153,30 €
AMB sistema de reutilització d'aigües grises (L)	30.112,50	120.450
Cost	21,08 €	84,32 €
ESTALVI TOTAL EN 1 ANY	17,24 €	68,98 €
ESTALVI TOTAL EN 17 ANYS	293,08 €	1.172,66 €

Taula 7: Comparativa econòmica entre l'ús, o no, de sistemes de reutilització d'aigües grises.

(Font: Santa Cruz, 2007)

2.1.9.3 Diferenciació entre aigües grises i negres.

La raó per la qual es separen les aigües grises de les aigües negres ve fundada per una sèrie de diferències clau que influeixen en el rendiment del sistema. A grans trets, s'enumeren les principals:

- Com s'ha esmenat anteriorment, les aigües grises contenen només 1/10 de nitrogen si són comparades amb les aigües negres. El nitrogen (nitrat i nitrit) és l'agent de pol·lució més perjudicial per a l'aigua potable i també el més difícil de retirar.

Les aigües grises contenen bastant menys nitrogen i no és necessari aplicar-hi el mateix tractament que per a les aigües negres.

- Les aigües negres són la font més important de transmissió de patògens humans. Els organismes que amenacen la salut humana no creixen fora del nostre cos de manera natural, però són capaces de sobreviure amb especial facilitat en els excrements d'origen humà. Procedint amb el procés de separació de les aigües grises respecte de les negres, s'aconsegueix reduir dràsticament el perill de ser exposat a aquests patògens.

És per aquestes raons, entre d'altres, que resulta lògic el procés de separació i de tractament per separat. Tant per la protecció de la salut a causa de la millora de la qualitat final de l'aigua ja tractada com per a contribuir a un estalvi significatiu, ja que s'estalviaran diners en tractament innecessaris.

També és d'obligada menció que no només la qualitat dels tractaments és important, ja que un emmagatzematge inadequat també afectarà negativament en la qualitat de l'aigua reaprofitada, ja que accelerarà la multiplicació de bactèries.

2.1.10 Legalitat de reutilització d'aigües.

A tot el territori espanyol, l'encarregat de regular la reutilització de les aigües reutilitzades, i per tant, on s'estableixen tots les disposicions legals relacionades amb els usos que se li poden donar a l'aigua una vegada ha estat tractada per la reutilització, i les característiques químiques que ha de complir per a cada ús. És el Reial Decret 1620/2007, publicat al BOE nº294 pel Ministeri de la Presidència el 8 de desembre de l'any 2007.

2.1.10.1 Marc legislatiu:

Llei d'aigües:

Reial Decret Legislatiu 1/2001, del 20 de Juliol d'aquell mateix any, pel qual s'aprova el text refós de la Llei d'Aigües.

L'article 109 estableix que és el Govern de l'Estat espanyol qui ha de desenvolupar les condicions bàsiques de la reutilització i precisar la qualitat exigible a les aigües generades segons els usos previstos. Així mateix, estableix que és el titular de la concessió qui deu sufragar els costos necessaris per tal de tractar l'aigua i obtenir el nivell de qualitat exigít.

Per altra part, estableix l'obligació d'obtenir una concessió administrativa per a la reutilització d'aigües generades, en excepció de que sigui sol·licitada pel titular d'una autorització d'abocament d'aigües ja depurades, el qual només necessitarà una autorització administrativa.

Reial Decret de Reutilització 1620/2007:

Aquest RD estableix una sèrie de definicions que faciliten la comprensió del text, destacant-se la definició de reutilització i la introducció del concepte d'aigua generada. Tracta també els aspectes relatius al règim jurídic, tals com el títol requerit pel seu ús, els procediments d'obtenció de la concessió i, segons els cas, només d'autorització, els contractes de cessió de drets. Finalment, estableix les condicions de qualitat que ha de complir l'aigua regenerada per a la seva finalitat, indicant els usos permesos i prohibits i el règim de responsabilitats en relació al manteniment de la qualitat.

L'Annex I del Reial Decret fixa els valors màxims admissibles dels paràmetres, en funció dels usos als quals està destinada l'aigua regenerada distingint cinc grans tipus de funcions: Urbà, agrícola, industrial, recreatiu i ambiental. Estableix també la freqüència i mètode d'anàlisis dels paràmetres. Per a valorar el compliment dels requeriments de qualitat, s'estableixen els criteris de conformitat i les mesures de gestió en cas d'incompliments.

L'Annex II del Reial Decret inclou el model de sol·licitud de concessió o autorització que recull tota la documentació requerida per a poder fer ús de l'aigua.

Aspectes clau del Reial Decret:

Règim jurídic de la reutilització:

En l'article 3 del Capítol 1 del RD de reutilització, s'obliga a l'obtenció d'una concessió administrativa per a poder reutilitzar les aigües generades. Si el sol·licitant és el titular d'una autorització d'abocament d'aigües residuals, només seria necessària una autorització administrativa.

Usos de l'aigua generada:

Les qualitats de l'aigua generada contemplades a l'Annex I.A del RD de reutilització són un total de 14, agrupades en els 5 tipus esmenats amb anterioritat: urbà, agrícola, industrial, recreatiu i ambiental.

Aquesta norma també contempla, en el Capítol II, els usos prohibits que són: el consum humà, exceptuant casos de situacions catastròfiques; usos propis de la indústria alimentària, excepte per aigües de procés i neteja; ús en instal·lacions hospitalàries; per al cultiu de musclos filtradors en aqüicultura; ús recreatiu com aigües de bany; ús en torres de refrigeració i condensadors; ús en fonts i làmines ornamentals en espais públics o interiors en edificis públics; i qualsevol altre ús que les autoritats considerin que comporta riscos per a la salut o perjudicis per al medi ambient.

Qualitat de l'aigua regenerada:

El Reial Decret de reutilització compleix amb l'establert a la Llei d'Aigües, on s'insta al Govern espanyol al desenvolupament de les condicions bàsiques de la reutilització. L'Annex I.A inclou els criteris de qualitat exigits en funció de cada un dels usos possibles.

Els paràmetres que sempre s'han de controlar són: Nematodes intestinals, *Escherichia coli*, sòlids en suspensió i terbolesa. Els dos primers com a indicadors microbiològics i els dos següents com a indicadors físic-químics.

Així mateix, i depenent del tipus d'aplicació o destí de l'aigua generada, el RD de reutilització exigeix controlar tot tipus de paràmetres, com per exemple, la *Legionella spp.* en cas de que es produeixi aerosolització, o el nitrogen i el fòsfor total en el cas de recarrega d'aqüífers o emplenat d'estancs amb risc d'eutrofització.

Tan mateix, una baixa qualitat de l'aigua pot presentar riscos per a la salut, ja sigui a l'hora de consumir l'aigua o només per l'evaporació de la mateixa. Els riscos poden incloure infeccions intestinals, infeccions a les vies urinàries, cistitis, meningitis, peritonitis, mastitis... (en el cas dels nematodes intestinals o els Colis) i en el cas de la Legionella pot presentar-se en febres de caràcter lleu amb la denominada Febre de Pontiac, o bé amb un caràcter més sever com l'anomenada Malaltia de Legionari

Programa de control de l'aigua regenerada:

Amb la finalitat de comprovar que el tractament de regeneració compleix amb els objectius de qualitat exigits per el RD de reutilització, el titular durà a terme el programa de control analític o Autocontrol. Aquest programa consisteix en la realització d'un seguit de mesures dels diferents paràmetres, amb les freqüències establertes per a cada un d'ells i en cada un dels punts de control.

Els punts de control establerts per el RD de reutilització se situen a la sortida de l'estació regeneradora i en cada un dels punts d'entrega a l'usuari. D'aquesta forma es comprova que l'afluent regenerat no ha sofert cap canvi durant la distribució respecte a la qualitat inicial.

La realització de control en la sortida de l'estació regeneradora i en els punts d'entrega a l'usuari permet identificar si un incompliment de la qualitat de l'aigua es deu al tractament de regeneració o si bé ha estat generat durant la distribució de l'aigua. D'aquesta manera es poden determinar les mides més adequades per a solucionar-ho.

Freqüències mínimes de mostreig:

Les freqüències mínimes d'anàlisi de cada un dels paràmetres i la seva possible modificació, segons l'ús al que es destini l'aigua regenerada, es detallen a continuació:

- **Nematodes intestinals:**
S'estableix una freqüència bisetmanal en la majoria dels usos, excepte per a l'ús industrial 3.2 i l'ambiental 5.2, que és setmanal. Per a l'ús industrial 3.1, l'ús recreatiu 4.2, i els usos ambientals 5.1, 5.3 i 5.4, no s'estableix freqüències de mostreig perquè no es fixa el límit del paràmetre.
- **Escherichia coli:**
S'estableix una freqüència setmanal en la majoria dels usos excepte per als usos urbans 1.1 i 1.2, l'ús recreatiu 4.1 i l'ús ambiental 5.1, ja que la seva freqüència és de dos vegades per setmana; i per a l'ús industrial 3.2 i ambiental 5.2, la freqüència passa a ser de tres vegades per setmana. Per a l'ús ambiental 5.3 no s'estableix freqüència d'anàlisi perquè no es fixa cap límit del paràmetre.
- **Sòlids en suspensió:**
En el cas dels sòlids en suspensió, la freqüència mínima d'anàlisi és setmanal, amb excepció dels usos industrial 3.2 i ambiental 5.2, que és diària.
- **Terbolesa:**
Per als usos urbans 1.1 i 1.2 i l'ús recreatiu 4.1, la freqüència mínima d'anàlisi és de dos vegades per setmana. Per a l'ús agrari 2.1 i l'industrial 3.1 la freqüència és setmanal i per a l'ús industrial 3.2 i ambiental 5.2, diària. A la resta d'usos, al no tenir fixat un límit en aquest paràmetre, no s'estableix cap freqüència d'anàlisi.
- **Nitrogen Total i Fòsfor Total:**
Només s'estableix una freqüència d'anàlisi setmanal per als usos 5.1 i 5.2 i una freqüència mensual per a l'ús recreatiu 4.2. La resta d'usos no tenen fixat cap límit de paràmetre, de manera que no hi ha establerta cap freqüència d'anàlisi.
- **Legionella spp., Taenia spp., Salmonella spp.:**
La freqüència mínima d'anàlisi és mensual per als usos urbans 1,1 i 1.2, l'ús agrari 2.1 i l'industrial 3.1. Per a l'ús agrícola 2.2 és quinzenal i per a l'ús ambiental 5.2 és setmanal. Per a l'ús industrial 3.2 la freqüència mínima d'anàlisi serà de 3 vegades per setmana i per a l'ús ambiental 5.4 serà la mateixa freqüència que l'ús més semblant.
- **Altres contaminants:**
En el cas de tenir altres substàncies contaminants, serà l'organisme de conques qui valorarà la freqüència d'anàlisi en funció de l'autorització d'abocament i dels tractament de regeneració.

A continuació s'especifiquen els diferents subtipus d'usos que hi ha a dins de cada un dels cinc diferents usos que es poden donar a l'aigua regenerada.

1. Urbà:

- 1.1. Residencial: jardins privats, descàrrega de sanitaris.
- 1.2. Serveis: zones verdes, neteja carrers, incendis, neteja vehicles.

2. Agrícola:

- 2.1. Productes de consum humà en fresc.
- 2.2. Productes de consum humà no fresc, consum animals productors, aqüicultura.
- 2.3. Cultius llenyosos, ornamentals, no alimentaris.

3. Industrial:

- 3.1. Aigües de procés i neteja i altres usos industrials.
- 3.2. Aigües de procés i neteja industrial alimentaria.
- 3.3. Torres de refrigeració i condensadors evaporatius.

4. Recreatiu:

- 4.1. Reg de camps de golf.
- 4.2. Estancs, caudals ornamentals amb accés prohibit al públic.

5. Ambiental:

- 5.1. Recàrrega d'aqüífers per percolació.
- 5.2. Recàrrega d'aqüífers per injecció directa.
- 5.3. Reg de boscos, zones verdes no accessibles al públic, silvicultura.
- 5.4. Altres usos: manteniment d'humeral, caudals mínims.

Ja que en el nostre cas, l'ús que farem de l'aigua regenerada és exclusiu urbà 1.1, i per tal de facilitar l'enteniment, a continuació es mostra una taula que resumeix les freqüències de mostreig i anàlisi per a les aigües regenerades a dins d'un ús residencial.

PARÀMETRE	FREQÜÈNCIA MÍNIMA DE MOSTREIG
Nematodes intestinals (ou/10L)	Quinzenal
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100mL)	2 cops per setmana
<i>Legionel·la spp.</i> (UFC/L)	Mensual
<i>Taenia saginata</i> (ou/L)	Mensual
<i>Taenia solium</i> (ou/L)	Mensual
Sòlids en suspensió (mg/L)	Setmanal
Terbolesa (UNT)	2 cops per setmana
Nitrats (mg NO ₃ /L)	--
Nitrogen Total (mg N/L)	--
Fòsfor Total (mg P/L)	--

Taula 8: Freqüència mínima de mostreig per a cada paràmetre. (Font: RD 1620/2007)

Aquests valors es poden trobar en l'Annex I.B del RD de reutilització.

Avaluació de la qualitat de les aigües generades.

El condicionant essencial en els tractaments de regeneració d'aigües és el nivell de desinfecció. Per tant, a l'hora d'establir un nivell de qualitat, es farà segons la presència de nematodes, colis, legionel·la, sòlids en suspensió, terbolesa, nitrats, nitrogen i fòsfor.

A la taula que es mostra a continuació es resumeixen els valors màxims admissibles que poden presentar els diferents paràmetres esmenats en el paràgraf anterior per tal d'assegurar que l'aigua regenerada compleix les qualitats mínimes per a l'ús urbà 1.1, que és el que se li donarà en el nostre cas.

Aquests valors es poden trobar en l'Annex I.A del RD de reutilització.

PARÀMETRE	VALOR MÀXIM ADMISSIBLE
Nematodes intestinals (ou/10L)	1
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100mL)	0
<i>Legionel·la spp.</i> (UFC/L)	100
<i>Taenia saginata</i> (ou/L)	1
<i>Taenia solium</i> (ou/L)	1
Sòlids en suspensió (mg/L)	10
Terbolesa (UNT)	2
Nitrats (mg NO ₃ /L)	25
Nitrogen Total (mg N/L)	10
Fòsfor Total (mg P/L)	2

Taula 9: Criteris per a la reutilització de les aigües. (Font: RD 1620/2007)

Manteniment de la qualitat de les aigües generades:

El RD de reutilització assenyalava que “l’usuari de l’aigua generada és responsable d’evitar el deteriorament de la seva qualitat des del punt d’entrega de l’aigua generada fins als llocs on és usada”. L’usuari haurà de vetllar per tal de que l’aigua subministrada no sofreixi canvis rellevants que posin en risc la salut humana i el medi ambient. És per això que el manteniment de la qualitat de l’aigua generada durant la distribució i emmagatzematge sigui una preocupació per als subministradors i usuaris de la mateixa.

En aquest apartat es veuran un seguit de mesures proposades per tal de pal·liar la possible disminució de la qualitat de l’aigua generada.

Degradació de la qualitat:

L’aigua potable està subjecta a canvis en la qualitat de l’aigua durant la distribució i emmagatzematge, generalment en forma de concentracions residuals de desinfectants, formació bacteriana de nou creixement i de llim a la canonada de distribució. Aquests canvis augmenten quan l’aigua és generada, degut a que les concentracions de nutrients dissolts i de matèria orgànica residual són generalment més altes que per a l’aigua potable.

Els canvis en la qualitat de l'aigua generada es poden classificar en les següents categories:

- Físics: temperatura, terbolesa, sòlids en suspensió.
- Químics: canvis de pH, disminució de l'oxigen dissolt, nitrificació.
- Biològics: creixement de bactèries, algues.
- Organolèptics: olor, color, terbolesa.

Cal fer menció en que la temperatura no afecta de manera directa a la qualitat de l'aigua, però, tot i això, pot esdevenir un perfecte catalitzador per a altres canvis d'indole biològica, química o organolèptica.

La degradació de la qualitat de l'aigua depèn de si el sistema d'emmagatzematge és obert o tancat. A la següent taula es recull una relació de problemes de deteriorament en relació al tipus de sistema instal·lat. Es marca amb una "XX" si el risc és important i amb una "X" si el risc és menor.

PROBLEMES DE DEGRADACIÓ DE LA QUALITAT DE L'AIGUA REGENERADA EMMAGATZEMADA	SISTEMES D'EMMAGATZEMATGE	
	OBERTS	TANCATS
Olors	XX	X
Estratificació de la temperatura	X	-
Baix oxigen dissolt	X	XX
Creixement d'algues i fitoplàncton	XX	X
Terbolesa i color	XX	X
Reproducció de microorganismes	X	X
Ocells i rosegadors	X	-
Estancament	X	X
Pèrdua de clor residual	XX	X

Taula 10: Problemes de degradació de la qualitat de l'aigua regenerada emmagatzemada. (Font: RD 1620/2007)

A la taula anterior s'observa que, generalment, són els sistemes oberts els que tenen major risc de deteriorament, en comparació amb els tancats. Ja que s'aguditzen els problemes derivats de les olors, del creixement de les algues i el fitoplàncton, així com de l'augment de la terbolesa i el color. A més, és més fàcil que experimentin aportacions externes que suposin un augment de la matèria orgànica i, per tant, de la terbolesa. Així mateix, la fauna natural de la zona pot esdevenir una causa d'augment de tota mena de microorganismes, ja siguin patògens o no.

S'ha de tenir en compte que en el depòsit d'emmagatzematge, la concentració de desinfectants, especialment el clor, disminueix a l'augmentar el temps de residència de l'aigua. Lògicament, aquest efecte és major en els sistemes oberts.

Per tant, l'usuari ha de prestar especial atenció a la qualitat de l'aigua en el punt d'aplicació, ja que les seves característiques han pogut estar subjectes a canvis, especialment si l'aigua portava un llarg període de temps emmagatzemada.

Conjunt de mesures proposades:

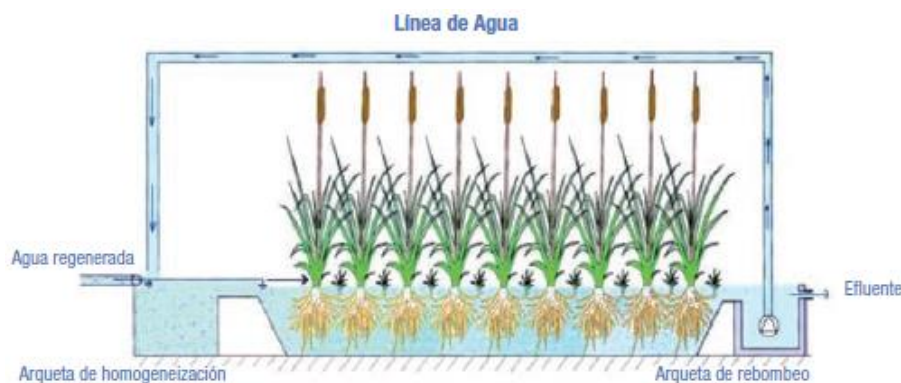
A continuació es presenten un conjunt de mesures pràctiques i de fàcil aplicació per tal de mantenir la qualitat de les aigües regenerades durant l'emmagatzematge d'aquestes.

- **Ventilació:** la instal·lació d'elements de ventilació pot ser empleada per tal de mantenir condicions aeròbiques i eliminar l'estratificació tèrmica, cosa que causa una variació de temperatura de l'aigua a diferents altures.
- **Recirculació:** pot ser utilitzada per evitar l'anteriorment esmenada estratificació tèrmica.
- **Retirada de sediments:** els sediments acumulats poden ser retirats anualment amb l'objectiu de limitar la formació de dipòsits i la conseqüent generació de sulfur d'hidrogen.
- **Filtració:** l'aigua emmagatzemada pot ser filtrada a través de filtres de sorra o d'escullera. També es pot fer passar l'aigua a través de gabions fets de material de rebuig, de manera que es mantinguin els paràmetres de qualitat exigits.

PARÀMETRES	REDUCCIÓ
DQO (mg/L)	92%
DBO ₅ (mg/L)	97%
Microorganismes totals	93%
Coliformes totals	94%
Coniformes fecals	98%

Taula 11: Rendiments de depuració del sistema de macròfitas flotants. (Font: RD 1620/2007)

- **Cloració:** es pot utilitzar l'addició d'una mínima quantitat d'hipoclorit que permeti el manteniment de la desinfecció al que han estat sotmeses les aigües. Cal optimitzar la dosi emprada per tal d'evitar la formació d'organoclorats, els quals poden arribar a ser cancerígens per a l'ésser humà.
- **Tractament amb aiguamolls:** l'aigua, des dels sistemes d'emmagatzematge, pot passar per un filtre verd, com podria ser el de macròfitas flotants per tal de millorar la seva qualitat i eliminar les algues. En aquest cas, és important evitar la plantació d'espècies que puguin contaminar l'aigua. A continuació es mostren els rendiments de depuració d'aquests sistemes i un esquema del mateix.



Il·lustració 22: Exemple de sistema de macròfitas flotants. (Font: Guia RD 1620/2007)

Prescripcions tècniques.

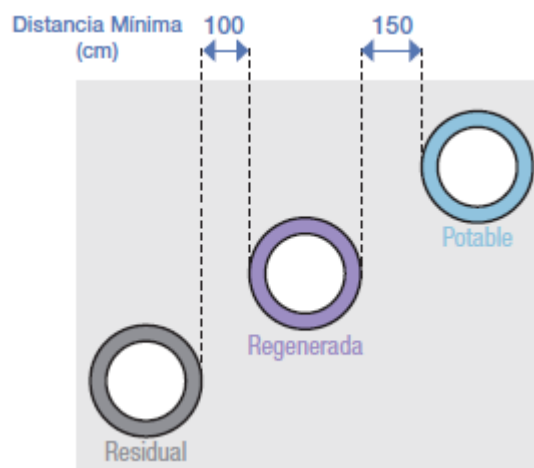
En termes generals, el disseny i dimensionat de la xarxa de captació i distribució d'aigües regenerades són similars als de les xarxes d'aigua potable, sent possible emprar els mateixos materials. Tot i això, s'hauran de seguir les especificacions que són exposades a continuació per a la necessària diferenciació i independència de les xarxes.

Criteris generals de disseny.

En els criteris que s'exposen a continuació sobre el disseny de les xarxes de captació i distribució d'aigües regenerades, s'ha tingut en compte que el funcionament hidràulic de la xarxa es pot realitzar tant sota pressió hidràulica inferior (en impulsió) o bé en làmina lliure (per gravetat). En aquest últim cas, la conducció haurà de ser tancada per a que no hi hagi possibilitat de contacte entre l'aigua regenerada i qualsevol usuari, operari o públic en general.

El traçat de les xarxes de reutilització haurà de ser un que garanteixi que no existeixi possibilitat alguna de connexió amb les xarxes d'abastiment d'aigua potable, amb excepció d'aquells punts en els quals es pugui preveure la necessitat de connectar l'aigua potable per a portar a terme tasques de neteja. Aquestes xarxes disposaran de sistemes d'emmagatzematge i tractament que garanteixin el manteniment de la seva qualitat fins el moment de la seva utilització.

Les conduccions d'aigua hauran d'estar suficientment separades per tal d'evitar que filtracions o pèrdues d'aigua regenerada puguin entrar per fissures a les canonades d'aigua potable. Es disposaran en posició intermitja entre les conduccions d'aigua potable i de clavegueram, tal i com mostra la següent imatge.



Il·lustració 23: Disposició en alçat de les diferents xarxes de distribució. (Font: Guia RD 1620/2007)

El disseny de les xarxes de distribució d'aigua regenerada serà preferentment mallat.

En qualsevol cas, el traçat consistirà, en general, en alineacions rectes tant en alçat com en planta, entre les que s'intercalarà el corresponent colze.

Les canonades i accessoris es fabricaran en color violeta RAL 4001, de mateixa manera que els aspersors, per ser el color més consensuat entre els països que ja han implantat el sistema de regeneració d'aigües.

Totes les vàlvules, aixetes i capçals hauran d'estar degudament marcats amb la finalitat d'advertir al públic de que l'aigua no és potable.

Les canonades i tapes d'arquetes hauran de portar una llegenda, fàcilment llegible, que digui el següent: "AIGUA REGENERADA. AIGUA NO POTABLE".

Haurà d'existir un arxiu actualitzat dels plànols i especificacions de les diferents canonades existents a la zona d'utilització, sent responsables de la realitat física del seu contingut els signants dels projectes i dels certificats finals d'obra, en el cas de que allò que ha estat construït no s'ajustés al contingut dels plànols.

Emmagatzematge de l'aigua regenerada.

Els dipòsits que s'emprin en els sistemes de reutilització hauran de complir amb l'establert al respecte per la norma UNE-EN 1508:1999, "Proveïment d'aigua. Requisits per a sistemes i components per a l'emmagatzematge d'aigua".

De mateixa manera, hauran d'haver estat dissenyats per a prevenir el deteriorament de l'aigua que emmagatzema i, per tal de fer-ho possible, evitar els canvis físics, químics o biològics perjudicials per a la salut humana o del medi ambient. Tan mateix, haurà d'evitar pèrdues per infiltracions d'aigua regenerada al sòl.

Per això, es tindran en compte els següents criteris de disseny:

- El dipòsit, de la major manera possible, estarà cobert i disposarà d'una làmina d'impermeabilització sobre la coberta.
- El dipòsit haurà d'estar degudament senyalitzat com a instal·lació d'"AIGUA REGENERADA NO POTABLE", per a que qualsevol operari o usuari identifiqui que les aigües contingudes en el dipòsit no procedeixen ni de la xarxa d'aigua potable ni de la xarxa de sanejament.
- Els materials de construcció de totes les superfícies en contacte amb l'aigua hauran de complir amb els requisits necessaris per tal d'evitar el deteriorament de l'aigua regenerada.
- Amb la finalitat de facilitar la neteja, les superfícies hauran de ser llises i lliures de porositats.
- Es protegiran totes les parts metàl·liques per tal d'evitar la corrosió.
- Es reduiran al mínim les zones estancades mitjançant l'adequat disseny dels compartiments d'aigua i de les canonades d'entrada i sortida. A aquest respecte i per forçar la circulació de l'aigua a dins del dipòsit, la embocadura de les canonades d'entrada i sortida hauran d'estar allunyades. Es disposarà de pantalles o envans de guia per a obligar a l'aigua a seguir un camí sinuós entre l'entrada i la sortida.
- A la part superior del dipòsit hauran d'existir espais per a la ventilació. Els orificis tindran dimensions reduïdes per a impedir l'accés a persones i animals i es protegiran mitjançant reixes que dificultin la introducció de substàncies a l'interior del dipòsit. També s'haurà d'impedir l'entrada de radiació solar al vas del dipòsit.

- Les canonades d'entrada i sortida de cada compartiment disposaran d'una aixeta que permeti l'extracció de mostres per a l'anàlisi de qualitat de l'aigua.
- Els dipòsits es dissenyaran, com a mínim, amb dos compartiments, de manera que cada un d'ells permeti el treball en forma independent. Fent possibles les tasques de neteja i manteniment. De manera excepcional i quan la capacitat del dipòsit sigui menor de 100m³, es podrà disposar d'un únic compartiment, sempre que el manteniment es pugui programar sense interferir amb l'explotació de la xarxa.
- L'operació d'emplenat es realitzarà normalment mitjançant una impulsió i disposarà, en tot cas, de mecanismes de regulació de l'emplenat. Generalment mitjançant vàlvules flotador o vàlvules d'altitud.
- Cada compartiment disposarà d'una canonada d'entrada i una altre de sortida, així com una canonada de buidat i de desguàs.
- La canonada de sortida de l'aigua disposarà d'un filtre i es situarà a una distància d'entre 20 a 30 cm per sobre del sòl, per tal d'evitar l'entrada de sediments. Si es requerís utilitzar aquesta làmina d'aigua, es podrà disposar d'una sortida d'aigua situada en un rebaix practicat al sòl.
- S'hauran d'instal·lar mesuradors de volum (comptadors) o de cabal (cabalímetres) per al registre dels cabals d'entrada i sortida, així com dispositius electrònics de control de nivell d'aigua.

Normes d'utilització de l'aigua regenerada.

A continuació, i degut a la gran varietat de normes, s'exposaran aquelles normes referents a la utilització de l'aigua generada en entorns urbans 1.1 del Reial Decret de reutilització d'aigua.

En aquest sentit, tant les empreses com les entitats gestores estan obligades a implantar un Pla de Prevenció de Riscos Laborals, que haurà d'incloure, entre altres aspectes, les responsabilitats, funcions, pràctiques, procediments, processos i recursos necessaris per a realitzar l'acció de prevenció de riscos.

Normes per a la seguretat del públic.

Es proposen a continuació una sèrie de recomanacions i normes de seguretat relatives l'ús de l'aigua regenerada encaminades a protegir al públic potencialment exposat a la mateixa. Aquestes normes hauran de ser incloses en els plans de prevenció de riscos laborals.

Si es tracta d'evitar la legionel·losis, i amb caràcter general, es recomana consultar la Guia Tècnica per a la Prevenció i Control de la Legionel·losis en instal·lacions del Ministeri de Sanitat i Política Social. En ella existeixen recomanacions i procediments per a avaluar el risc estructural, de manteniment i operacional per a diferents usos, tals com torres de refrigeració, condensadors evaporatius, fonts ornamentals, reg per aspersió, sistemes contra incendis, etc.

Normes per al reg urbà.

Els sistemes de reg localitzat són els més utilitzats per a utilitzar aigua regenerada. És oportuna la utilització d'elements de reg que ajudin a disminuir les pèrdues per evaporació, escorrentia i infiltració.

Cal minimitzar el risc d'estancament i també assegurar que l'escorrentia superficial queda confinada en el propi terreny. Això es pot aconseguir mitjançant l'automatització dels sistemes de reg.

Es recomana que els responsables del manteniment de les zones verdes disposin de documentació actualitzada referent a plànols i especificacions de les diferents canonades existents a la zona d'utilització. Per tal de facilitar una ràpida localització d'aquestes en cas d'averia o manteniment.

Reg per aspersió:

Si el sistema de reg emprat és per aspersió, existeix la possibilitat d'aerosolització. En aquest cas han de complir-se les següents exigències per evitar o minimitzar el contacte de les persones a l'aigua.

El reg haurà d'efectuar-se preferentment de nit o quan les instal·lacions estiguin tancades al públic. A més, haurà de programar-se de manera que les plantes tinguin temps suficient d'assecar-se abans de que els usuaris tinguin accés a la zona regada.

Els aspersors que s'empraran seran de tipus emergent, de manera que quan estiguin fora de servei, quedin tapats a nivell del sòl.

Les fonts d'aigua potable hauran d'estar protegides dels aerosols d'aigua regenerada que puguin caure directament o per acció del vent.

Els aerosols generats per el sistema d'aspersió no pot assolir de manera permanent als treballadors, vies de comunicació asfaltades o àrea habitades, establint si fora precís, obstacles o pantalles que limitessin la propagació. Els aspersors a utilitzar han de ser de curt abast o de baixa pressió.

Normes per a altres usos urbans.

Neteja:

La neteja, en aquest cas referida al sòl, haurà de realitzar-se de nit.

Descàrrega d'aparells sanitaris:

Els inodors hauran de ser descarregats periòdicament amb algun desinfectant per tal d'evitar la formació d'una biocapa. En alguns casos, pot ser necessari mantenir una capa de desinfectant residual.

En el cas de que existeixin elements metàl·lics a la instal·lació s'hauran d'utilitzar inhibidors de la corrosió.

2.1.11 Depuració d'aigües grises.

En aquest punt es procedirà a explicar detalladament els diferents sistemes de depuració de les aigües grises que es produeixen en una residència unifamiliar de 4 membres.

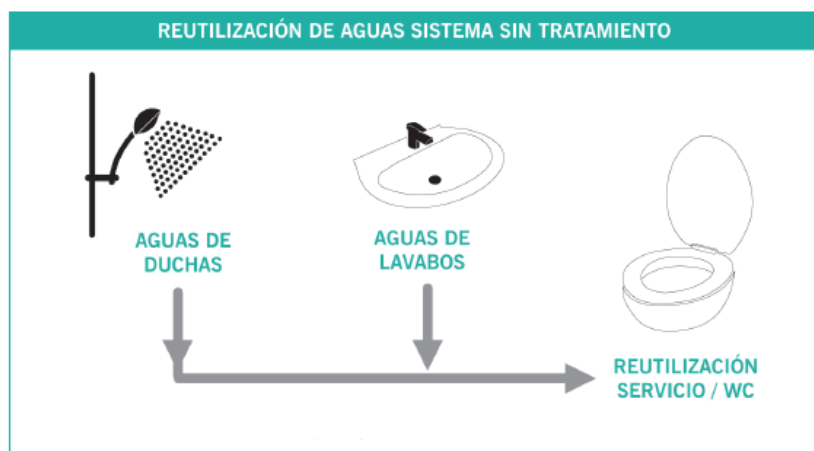
Per a la recuperació de les aigües grises es poden aplicar diversos tractaments. La correcta selecció dependrà de diversos factors, entre ells:

- Característiques de les aigües grises a tractar.
- Ús de l'aigua tractada.
- Especificacions requerides a l'aigua tractada.
- Altres aportacions d'aigua a recuperar (pluvials, piscina, etc.)
- Aspectes econòmics.

Els sistemes per reciclar aigües grises varien significativament en quant a mida, complexitat, qualitat de l'aigua obtinguda, cost, etc. Es poden classificar de la següent manera:

- **Sistemes sense tractament:**

Existeixen sistemes que utilitzen aparells senzills per a recollir l'aigua gris i enviar-la directament als punts on s'utilitzarà sense cap tractament previ i amb absència o mínim emmagatzematge. La seva disposició seria la següent:



Il·lustració 24: Esquema sistema de reutilització d'aigües sense tractament. (Font: AQUA España)

Tal i com es pot observar a la il·lustració 25, aquest sistema connecta directament l'aigua de sortida de la dutxa o de la pica amb la cisterna del vàter. És la forma més econòmica i senzilla, però també la menys recomanable tant tècnica com higiènicament. Ja que la quantitat d'aigua a emmagatzemar es limita a la capacitat d'emmagatzematge que tinguin les cisternes i higiènicament és arriscat emmagatzemar aigua bruta i sense cap mena de tractament químic durant un període desconegut de temps.

- **Sistemes amb tractament:**

Aquests sistemes són molt més recomanables que els anteriors, ja que al tenir un dipòsit exprés per l'emmagatzematge de les aigües grises, la capacitat d'emmagatzemar aigua augmenta, i el fet de tenir un tractament tant físic o químics, possibilita tenir aquesta aigua emmagatzemada durant llargs períodes de temps sense perdre qualitat en l'aigua ja tractada.

Una altre raó per la qual s'han de tenir en compte aquest tipus de sistemes és la possibilitat de poder aprofitar no només les aigües procedents dels desguassos de la dutxa o la pica, sinó que gràcies a l'aplicació dels tractaments, també es poden aprofitar les aigües resultants dels rentaplats o rentadores.

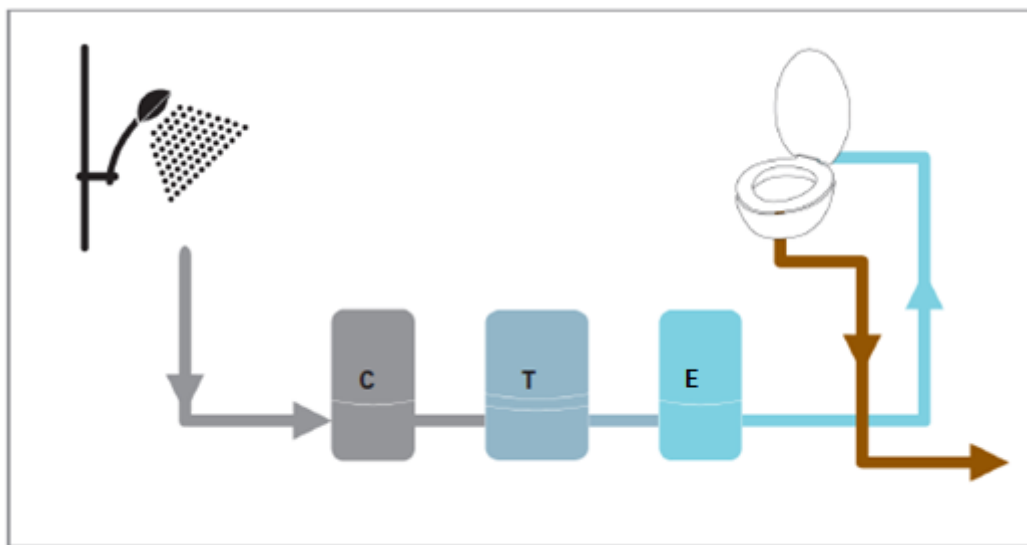
Els sistemes amb tractament, generalment, inclouen les següents etapes.

On:

C = Captació i emmagatzematge d'aigües grises.

T = Tractament.

A = Emmagatzematge.

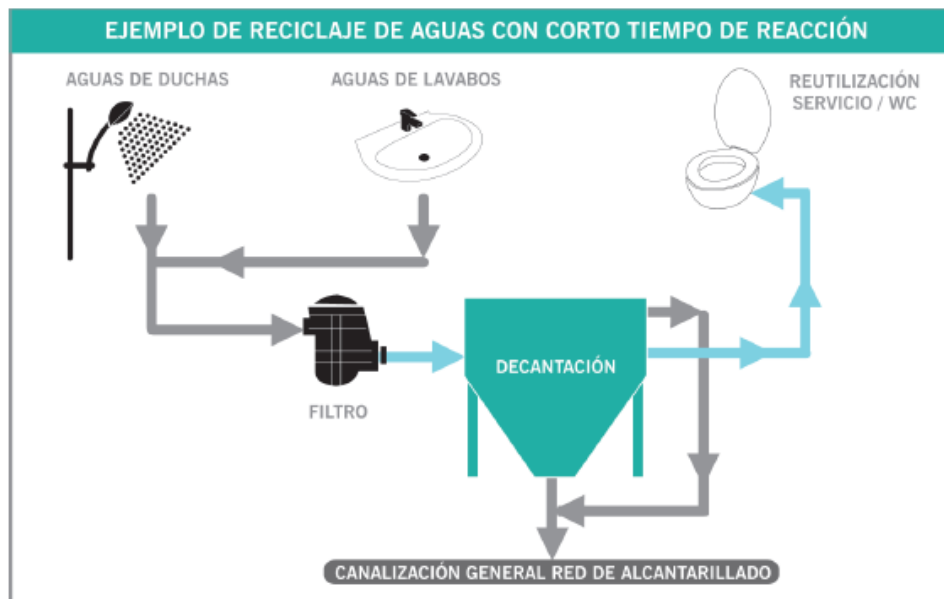


Il·lustració 25: Esquema sistema de reutilització d'aigües amb tractament. (Font: AQUA España)

De forma general es poden classificar en els següents esquemes:

A. Sistemes físics:

Tenen com a única finalitat la separació dels olis-greixos i partícules sòlides en suspensió; es basen en sistemes de filtració tipus malla, anelles, sorra, etc... amb o sense separació de sòlids i/o greixos.



Il·lustració 26: Esquema funcionament tractament físic d'aigües grises. (Font: AQUA España)

Aquest sistema de reciclatge o reutilització de les aigües grises consta només de dos etapes, amb absència total de components químics i treballant només amb l'objectiu d'eliminar sòlids o olis ja que les aigües que reben solen tenir una baixa concentració de substàncies químiques.

La primera etapa consta d'un filtre, generalment de tipus U3, que és l'encarregat de separar de l'aigua tots els sòlids de major mida procedents dels desguassos de les dutxes i els lavabos. Tot i que si les aigües estan molt brutes o si es vol aconseguir un alt nivell de filtratge abans de la decantació, es poden aplicar més filtres amb membranes de diferents mides.

A la segona etapa hi apareix un decantador. Aquests són, bàsicament, dipòsits emplenats amb carbó actiu o amb sorra d'un granulat específic. De manera que fent circular l'aigua per aquest dipòsit, generalment gràcies a la gravetat, s'aconsegueix que les partícules sòlides de menor mida quedin al dipòsit i surti aigua amb un alt nivell de filtratge. D'aquesta manera, es recull l'aigua neta de sortida del decantador al punt més baix d'aquest i, a la superfície del decantador, es recullen les restes de rebuig. El manteniment del decantador és bastant bàsic, ja que l'únic que s'ha de fer és recollir els residus sobrants que queden a la superfície cada cert temps i canvia el material de filtrat després de molts usos.

B. Sistemes físico-químics:

S'utilitzen per a la separació d'oli-greixos, emulsions, col·loides, partícules en suspensió, matèria orgànica i terbolesa. En la fase de tractament es poden trobar les següents etapes:

- Ús d'un prefiltrre per eliminar residus i les partícules prèvies a l'emmagatzematge.
En aquesta fase, l'objectiu és el separar de l'aigua a tractar els sòlids de major mida, ja que són els més senzills de retirar i podrien afectar al correcte funcionament de les fases posteriors.
- Dosificació de coagulants / floculants.
La coagulació consisteix en, mitjançant la neutralització de les càrregues dels col·loides, formar un flocul per tal de facilitar la retirada d'aquest de l'aigua gris.
La coagulació de les partícules s'aconsegueix afegint a l'aigua un producte químic (electròlit) el qual al solubilitzar-se amb l'aigua, allibera ions positius amb la suficient càrrega com per atraure les partícules col·loïdals i neutralitzar la seva càrrega.
- Filtració (sorra, multiestrat, etc.).
Fent ús d'un decantador, i de la mateixa manera que com s'ha explicat en el sistema físic, s'aconsegueix separar els residus sòlids de menor mida de l'aigua que es vol rentar.
- Desinfecció per evitar el creixement biològic.
Quan les aigües residuals presenten una elevada concentració de matèria orgànica dissolta, l'alternativa més competitiva és el tractament biològic, per la seva senzillesa i baix cost.
Els tractament biològics de les aigües residuals es basen en la capacitat d'un conjunt de microorganismes capaços de degradar la matèria orgànica present a l'aigua residual. Per al creixement d'aquests, és necessari que, a part de la matèria orgànica, l'aigua contingui nutrients (bàsicament nitrogen i fòsfor).
- Desinfecció per UV.
La desinfecció mitjançant UV és un procés físic que neutralitza els microorganismes instantàniament quan aquests passen a través de les làmpades ultraviolades submergides a l'afluent. El procés no afegeix res a l'aigua excepte llum ultraviolada i, per tant, no té cap impacte sobre la composició química o en el contingut d'oxigen dissolt a l'aigua.

Aquests sistemes són els més adients si es vol poder reutilitzar les aigües resultants dels rentavaixelles i rentadora, ja que la seva alta concentració de

components químics, el farien molt perjudicial si s'apliqués només un sistema físic.



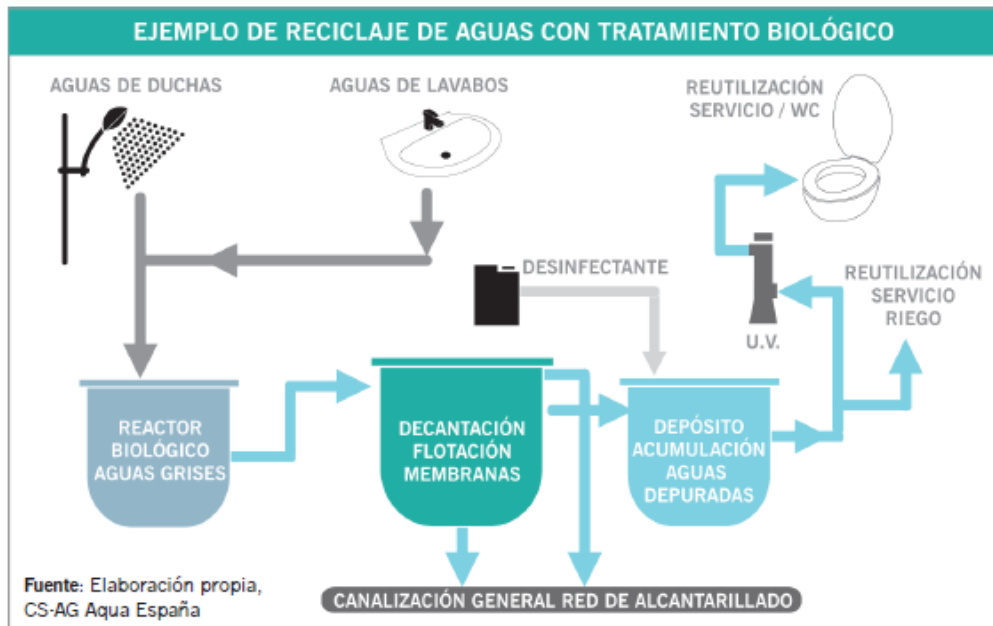
Il·lustració 27: Esquema funcionament tractament físic-químic d'aigües grises. (Font: AQUA España)

C. Sistemes biològics:

Els sistemes biològics varien en forma i complexitat, però el concepte sempre és el mateix: degradació de la matèria orgànica present a les aigües grises mitjançant microorganismes, el creixement dels quals es produeix aportant oxigen al sistema.

Aquesta producció es pot realitzar de diferents maneres segons el tipus de sistema, entre els més utilitzats destaquen els reactors seqüencials, els reactors biològics de membrana i els sistemes biològics naturalitzats.

- Reactors seqüencials: utilitzen un procés biològic amb fangs actius, en el qual el tractament es realitza de forma discontinua en varies etapes: emplenat, aireació, decantació i separació.
- Reactors biològics de membrana: amés del procés biològic, s'utilitzen membranes de microfiltració o ultrafiltració per a la separació dels sòlids en suspensió, col·loides, la majoria de bacteris i virus, així com compostos orgànics d'elevat pes molecular.
- Sistemes biològics naturalitzats: utilitzen un determinat tipus de vegetació per a l'aportació d'oxigen als microorganismes, que es troben en forma d'una biocapa sobre un substrat que està en contacte amb l'aigua a tractar.



Il·lustració 28: Esquema funcionament tractament biològic d'aigües grises. (Font: AQUA España)

2.1.12 Descripció del model d'estudi.

Com s'ha esmenat anteriorment en aquest treball, la finalitat és la d'estudiar la implementació d'un sistema integral d'estalvi d'aigües en un habitatge, de manera que, per tal de poder treballar en un entorn conegut, vaig decidir utilitzar com a model casa meva. I en aquest punt donaré detall de les dades necessàries per tal de poder donar a conèixer el meu model d'estudi.

Com s'ha comentat a la Introducció d'aquest treball, el meu model d'estudi es tracta d'una casa unifamiliar de 4 plantes i 58,88m² de superfície de planta segons plànols i uns 52,46m² habitables, aproximadament, a cada una de les 4 plantes. Excepte a les golfes, on es disposen d'uns 15,73m² habitables i 8,27m² de terrassa.

La casa està dividida en:

- Un semisoterrani amb 48,95m², que fa la funció de garatge i zona de safareig on la línia d'aigua potable procedent de la xarxa alimenta a una rentadora, una petita pica i una mànega.
En el cas de la pica i la mànega, degut a que el seu consum és tan baix i que es solen utilitzar per avocar-hi productes de neteja, no es tindran en compte en el nostre sistema d'estalvi d'aigua.
- Una planta baixa, on s'hi troba el menjador o sala d'estar (27,87m²), la cuina (13,2m²), un petit lavabo de 2,44m² i una terrassa amb 28,35m².
 - Al menjador no hi ha cap punt de sortida d'aigua de la xarxa.
 - La cuina disposa d'una rentadora i una pica.
 - Al lavabo s'hi situa d'una pica i un vàter.

- A la terrassa es troba una mànega que s'utilitza per reg i un desguàs per donar sortida a l'aigua de la pluja o del propi reg.
- La primera planta o planta pis, que és on es troben les 4 habitacions de les quals disposa la casa (totes sense sortida d'aigua de xarxa) i dos banys amb 2,36m² i 3,42m² amb dutxa, pica, vàter i un dels banys amb bidet.
- Per acabar, les golfes. On no hi ha cap sortida d'aigua de la xarxa però sí que s'hi disposa d'una petita terrassa amb 8,81m² i un desguàs enfocat a l'evacuació de l'aigua de la pluja.

Tota aquesta informació està disponible en els plànols de la casa, els quals es poden trobar en els Annexos al final del projecte.

Hàbits de consum:

L'estudi s'ha portat a terme mitjançant els hàbits de consum d'aigua relacionats amb una família de 4 membres amb 2 adults i 2 nens.

Abans d'estudiar el consum real dels membres de la família, primer s'ha volgut estudiar els seus hàbits de consum, per tal de tenir com més dades millor a l'hora d'estudiar el consum d'aigua d'aquesta família. Per delimitar temporalment l'estudi, ens basarem en un consum setmanal, per tal de poder detallar les necessitats que s'hauran de complir tant en els dies rutinaris d'entre setmana com els consums dispersos del cap de setmana.

Per tal de poder enregistrar els hàbits de consum dels membres de la casa, es va demanar a tots que anotessin en unes taules amb quina freqüència anaven al lavabo, es posava la rentadora, el rentavaixelles... pel dematí i per la tarda tant en els dies laborals (de dilluns a divendres) com els dies de cap de setmana. Les dades que es mostren a continuació són les mitges diàries d'us de l'aigua durant els dies laborables i el cap de setmana, diferenciant els usos entre les hores de matí i les hores de tarda.

Usos lavabos planta pis

	Cisterna	Rentar mans	Rentar cara	Dutxa (minuts)
Dilluns - Divendres Matí	4	6	5	10,2
Dilluns - Divendres Tarda	4	9	3	5,4
Cap de setmana Matí	11,5	7	5,5	10
Cap de setmana Tarda	12	8	4	17

Taula 12: Usos lavabos planta pis. (Font: Elaboració pròpia)

Usos lavabo planta baixa

	Cisterna	Rentar mans	Rentar cara
Dilluns - Divendres Matí	0	0	0
Dilluns - Divendres Tarda	1	0,6	0
Cap de setmana Matí	1	2	0
Cap de setmana Tarda	1	0	0

Taula 13: Usos lavabo planta baixa. (Font: Elaboració pròpia)

CUINA

	Rentavaixelles	Pica (rentar plats)
Dilluns - Divendres Matí	0	0
Dilluns - Divendres Tarda	0,4	1
Cap de setmana Matí	0	1
Cap de setmana Tarda	0,5	1

Taula 14: Us aigua cuina. (Font: Elaboració pròpia)

TRASTER

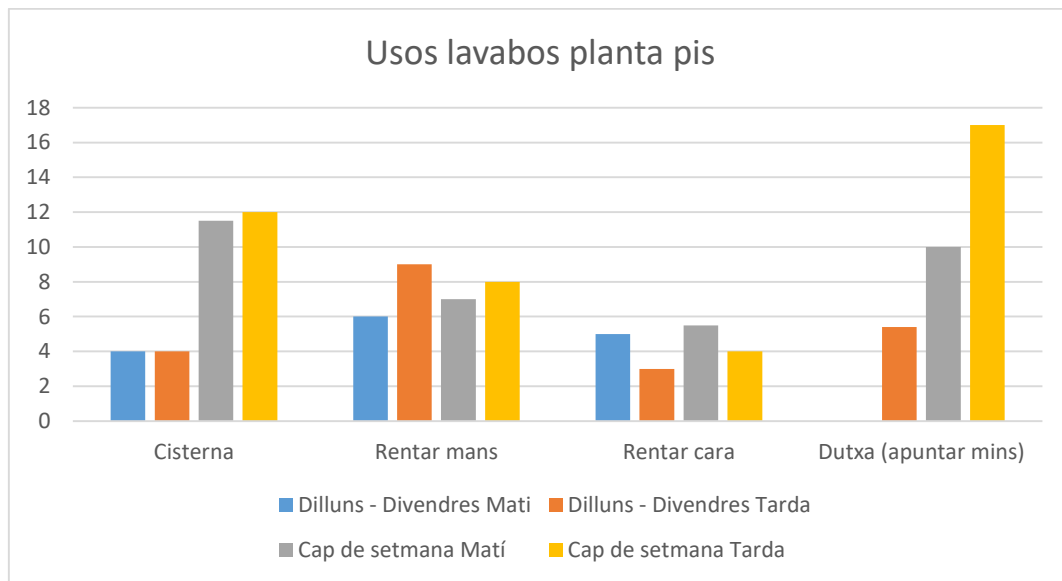
	Rentadora	Pica
Dilluns - Divendres Matí	0	0
Dilluns - Divendres Tarda	0	0
Cap de setmana Matí	1	0,5
Cap de setmana Tarda	0	0

Taula 15: Us aigua traster. (Font: Elaboració pròpia)

Aquestes dades mostren com el consum d'aigua es centra en els banys de la planta pis i en la cuina.

A la cuina, el consum majoritari és a la tarda, ja que durant totes les nits es fa servir l'aigua de l'aixeta per tal de netejar els plats i, cada dos o tres nits, es posa el rentavaixelles.

És als banys de la planta pis on s'acumula la majoria del consum diari de la casa, ja que són molt més freqüentats que el petit bany de la planta baixa. En aquests, queda reflectit com el consum es força equilibrat durant el dia, amb un pic durant la tarda del dissabte, el qual fa pujar la mitjana de consum mig de les tardes del cap de setmana. Per tal de fer-ho més visual, s'adjunta el següent gràfic.



Gràfic 8: Usos lavabos planta pis. (Font: Elaboració pròpia)

Característiques dels electrodomèstics:

A les taules mostrades anteriorment on es mostren els hàbits de consum, també s'hi contemplen les vegades que es posen en marxa tant el rentavaixelles com la rentadora, de manera que en el futur, quan es facin els càlculs de consum real d'aigua, també es tindran en compte.

Per tal d'això, a continuació es mostraran les característiques tècniques de consum d'aigua de cada un dels dos electrodomèstics.

- Rentavaixelles BOSCH FD9207:



Serie | 6 Lavavajillas

SMS50L08EU

**Lavavajillas libre instalación
Puerta acero antihuellas
EAN: 4242002720487**



Lavavajillas de 60 cm con cesta superior RackMatic.

- **Cesta superior Rackmatic:** regulable en 3 alturas, incluso a plena carga.
- **Función VarioSpeed:** resultados perfectos hasta 3 veces más rápido.
- **Sistema AquaStop:** garantía de por vida contra los daños producidos por fugas de agua.
- **GlassProtect:** protección completa del cristal para mantener el brillo del primer día.
- **Motor EcoSilence:** potente, duradero, silencioso y eficiente.

Datos técnicos

Consumo de agua (L) :	11,7
Tipo de construcción :	Independiente
Altura de la encimera extraíble (MM) :	815
Fondo con puerta abierta a 90 grados (mm) :	1155
Patas regulables :	Sí- solo frontales
Ajuste máximo de las patas (mm) :	20
Zócalo regulable :	No
Peso neto (kg) :	46,0
Peso bruto (kg) :	48,0
Potencia de conexión (W) :	2400
Intensidad corriente eléctrica (A) :	10
Tensión (V) :	220-240
Frecuencia (Hz) :	50; 60
Longitud del cable de alimentación eléctrica (cm) :	175
Tipo de clavija :	Schuko con conexión a tierra
Longitud del manguito de entrada (cm) :	165
Longitud del manguito de salida :	190
Código EAN :	4242002720487
Número de opciones de posición :	12



Il·lustració 29: Fitxa tècnica rentavaixelles BOSCH FD9207. (Font: Bosch)

- Rentadora BOSCH FD8801:

Consumos

Programa	Carga de ropa	Consumos **		
		Energía	Agua	Duración
Resistentes/Algod. 40 °C	6,00 kg*	0,85 kWh	58 l	110 min
Resistentes/Algod.60 °C	6,00 kg	1,40 kWh	57 l	125 min
Resistentes/Algod.60 °C intensivo	6,00 kg*	1,02 kWh	47 l	135 min
Resistentes/Algod. 90 °C	6,00 kg	2,10 kWh	62 l	125 min
Sintéticos 40 °C	3,00 kg*	0,55 kWh	48 l	75 min
Delicado frío	2,00 kg	0,28 kWh	44 l	44 min
Lana/Lã 30 °C	2,00 kg*	0,20 kWh	32 l	53 min

* Programas de ensayo según norma EN 60456 e IEC 456.

** Los valores de consumo facilitados solo son orientativos y pueden divergir de los medidos realmente en función de la presión, el grado de dureza y la temperatura del agua, la temperatura del recinto donde se ha instalado la lavadora, el tipo y la cantidad de ropa, el detergente usado, las fluctuaciones de tensión que se produzcan en la red eléctrica y las funciones adicionales seleccionadas.

Taula 16: Consums rentadora BOSCH FD8801. (Font: Bosch)

Tal i com mostren les fitxes tècniques el consum per cada vegada que es posa en marxa el rentavaixelles és de 11,7 litres i, en el cas de la rentadora, de 58 litres, ja que el programa utilitzat sempre és el de Resistent/Cotó a 40°C.

Aquestes dades seran tingudes en compte a l'hora de calcular els consums diaris i setmanals i a l'hora de dissenyar el sistema d'estalvis.

2.2 Metodologia.

2.2.1 Consum d'aigua general.

El primer pas a l'hora d'implantar un sistema d'estalvi d'aigües en una habitatge és el de saber les necessitats que s'han de satisfer. D'aquesta manera, podrem escollir quin sistema seria el més adient per poder extreure el màxim rendiment possible i estalviar la màxima quantitat d'aigua.

Per tal de poder conèixer el consum d'aigua a casa meua, vaig començar revisant les factures d'aigua, on queda enregistrat el consum d'aigua de manera trimestral. Tenint factures guardades des de l'any 2002, vaig poder construir la següent taula:

Consum d'aigua trimestral (m ³)				
	1er Trimestre	2on Trimestre	3er Trimestre	4rt Trimestre
2002	-	-	29	30
2003	34	28	36	31
2004	33	31	24	39
2005	33	34	29	38
2006	29	34	25	31
2007	28	31	19	34
2008	33	23	19	28
2009	26	30	22	30
2010	29	32	23	33
2011	32	32	23	33
2012	36	40	31	41
2013	35	36	28	40
2014	35	34	30	39
2015	38	40	34	-
2016	32	-	26	41
2017	35	39	36	36
Mitjana	32,53	30,93	25,31	32,93

Taula 17: Enregistrament de consum d'aigua trimestral. (Font: Elaboració pròpia)

De la qual s'extreu que el màxim consum es va produir durant el 4rt trimestre de l'any 2012, el qual correspon als mesos de octubre a desembre, amb 41m³ d'aigua consumits. També s'observa a l'última fila el consum mig corresponent a cada trimestre, el qual varia entre els 31 i 33m³, excepte en el 3er trimestre, el consum del qual cau als 25m³, a causa de que històricament coincideix amb el període de vacances d'estiu.

Gracies a aquestes dades es pot començar a estudiar el model de consum d'aigua que tenim en el nostre model d'estudi, sabent que durant els mesos de més calor, a causa de la baixa aflluència de gent i, paradoxalment, és on es troba el consum més baix i que serà en els mesos de menor temperatura ambient quan el consum d'aigua és major. Tot i això, aquestes dades no són molt útils per si soles, ja que tracten d'un període massa gran de temps (3 mesos).

De manera que, i gracies a tenir dades des del 2002, la utilitat de tenir aquestes dades està en fer una estimació del consum d'aigua diari i setmanal brut. Vull aclarir que aquest consum serà brut, ja que amb aquestes dades no es té una idea de si el consum d'aigua generarà aigües grises o negres, de manera que no podem saber si aquestes aigües s'hauran d'emmagatzemar i per tant, no serviran per tenir una idea clara de les dimensions que hauria de tenir el nostre dipòsit d'aigua.

Per tant, per tal de poder fer aquestes dades més digeribles i comprensibles, es passaran aquests consums trimestrals a consums mensuals, setmanals i diaris per, en el futur, poder-les comparar amb les dades reals de consum diari d'aigua.

Consum d'aigua mensual:

$$32,53\text{m}^3 \text{ d'aigua} / 3 \text{ mesos} = 10,84\text{m}^3 \text{ d'aigua} / \text{mes}$$

$$30,93\text{m}^3 \text{ d'aigua} / 3 \text{ mesos} = 10,31\text{m}^3 \text{ d'aigua} / \text{mes}$$

$$25,31\text{m}^3 \text{ d'aigua} / 3 \text{ mesos} = 8,43\text{m}^3 \text{ d'aigua} / \text{mes}$$

$$32,93\text{m}^3 \text{ d'aigua} / 3 \text{ mesos} = 10,97\text{m}^3 \text{ d'aigua} / \text{mes}$$

Consum d'aigua setmanal:

$$10,84 \text{ m}^3 \text{ d'aigua} / \text{mes} * \frac{1 \text{ mes}}{4 \text{ setmanes}} = 2,71 \text{ m}^3 \text{ d'aigua} / \text{setmana}$$

$$10,31 \text{ m}^3 \text{ d'aigua} / \text{mes} * \frac{1 \text{ mes}}{4 \text{ setmanes}} = 2,57 \text{ m}^3 \text{ d'aigua} / \text{setmana}$$

$$8,43 \text{ m}^3 \text{ d'aigua} / \text{mes} * \frac{1 \text{ mes}}{4 \text{ setmanes}} = 2,1 \text{ m}^3 \text{ d'aigua} / \text{setmana}$$

$$10,97 \text{ m}^3 \text{ d'aigua} / \text{mes} * \frac{1 \text{ mes}}{4 \text{ setmanes}} = 2,74 \text{ m}^3 \text{ d'aigua} / \text{setmana}$$

Consum d'aigua diari:

$$2,71 \text{ m}^3 \text{ d'aigua} / \text{setmana} * \frac{1 \text{ setmana}}{7 \text{ dies}} = 0,39 \text{ m}^3 \text{ d'aigua} / \text{dia}$$

$$2,57 \text{ m}^3 \text{ d'aigua} / \text{setmana} * \frac{1 \text{ setmana}}{7 \text{ dies}} = 0,37 \text{ m}^3 \text{ d'aigua} / \text{dia}$$

$$2,1 \text{ m}^3 \text{ d'aigua} / \text{setmana} * \frac{1 \text{ setmana}}{7 \text{ dies}} = 0,3 \text{ m}^3 \text{ d'aigua} / \text{dia}$$

$$2,74 \text{ m}^3 \text{ d'aigua} / \text{setmana} * \frac{1 \text{ setmana}}{7 \text{ dies}} = 0,39 \text{ m}^3 \text{ d'aigua} / \text{dia}$$

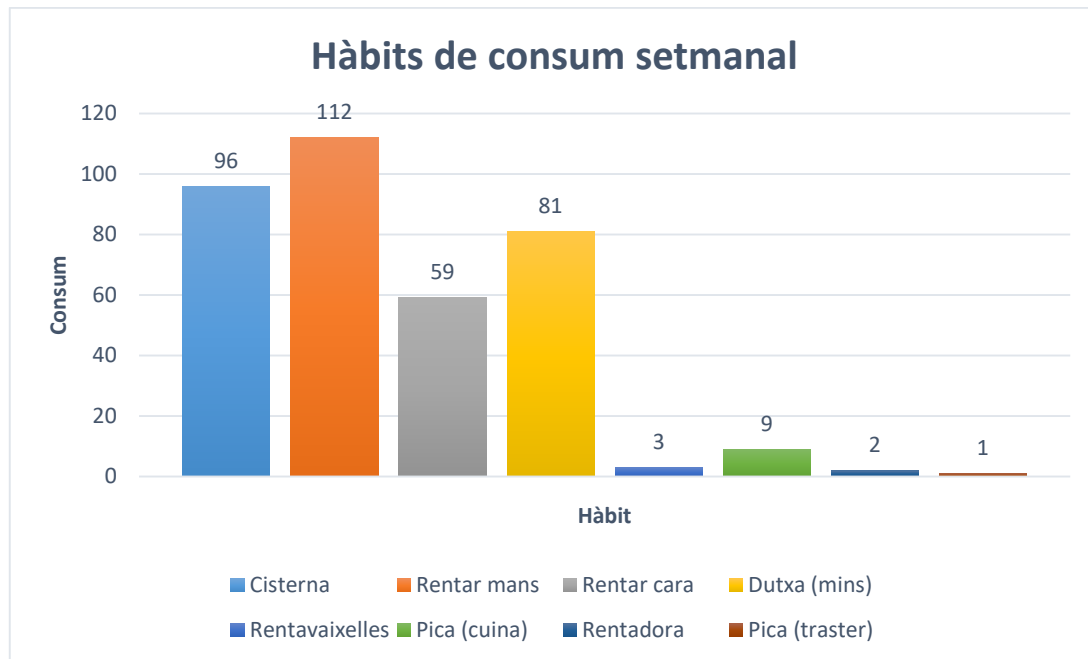
Una vegada tenim aquests resultats, sabem que, aproximadament, cada dia el nostre futur dipòsit haurà de poder suportar un transit d'aproximadament $0,3 \text{ m}^3$ d'aigua durant els dies d'estiu i un màxim mig de $0,4 \text{ m}^3$ durant la resta dels dies de l'any.

Tot i això, aquests valors són un inici només, ja que una gran part d'aquest consum és aigua que surt del vàter i per tant amb aquesta no s'ha de comptar, ja que produeix aigües negres que no entrarien dins del nostre sistema de reaprofitament. De manera que en el futur s'haurà de calcular la quantitat d'aigua que es destina a la neteja dels sanitaris per tal de poder-la restar als consums ara calculats i tenir una idea molt més acurada de les quantitats d'aigua que mourà el nostre sistema de reaprofitament.

2.2.2 Consum específic d'aigua.

Una vegada ja hem calculat tot el consum general d'aigua, és a dir, l'aigua total que es consumeix sense importar-nos la seva procedència, procedirem a calcular l'aigua que es destina per a satisfer els diferents hàbits de consum del nostre model d'estudi. Coneixent aquestes quantitats, tindrem unes quantitats més o menys exactes de la producció d'aigües grises (i per tant tractables) i d'aigües negres (les quals aniran a la xarxa de clavegueram municipal).

Les dades que es faran servir per aquests càlculs seran les mateixes que les mostrades en el punt "2.1.12. Descripció del model d'estudi", però aquesta vegada es tractaran de manera conjunta, per tal de tenir un consum setmanal i no diari, com anteriorment. D'aquesta manera, els hàbits de consum setmanals serien:



Gràfic 9: Hàbits de consum setmanal. (Font: Elaboració pròpia)

D'aquesta manera, i multiplicant les vegades que es fan servir la dutxa, la rentadora, les diferents piques, el conjunt de cisternes i el rentavaixelles; tindrem, quina quantitat d'aigua es destina per a cada un dels hàbits de consum.

Consum cisterna vàter:

Sent conscient de la quantitat de vegades que es fa ús de l'aigua de xarxa per tal de netejar el vàter, de la gran quantitat d'aigua que s'hi empra i que aquesta aigua és fàcilment substituïble per aigua sortint del nostre sistema de reaprofitament, volia tenir un càlcul el més aproximat possible en quant al consum real d'aigua.

Teòricament, i seguint les especificacions de les cisternes instal·lades als 3 sanitaris, el consum d'aigua de tots 3 hauria de ser de 6 litres. Ja que uns anys enrere, i amb l'objectiu de reduir una mica el consum d'aigua, es van instal·lar a tots 3 cisternes de descarrega variable, on la descarrega màxima és de 6 litres i, prement una segona vegada el botó de descàrrega, aquesta es deté instantàniament.

De tota manera, vaig voler calcular el consum real de les 3 cisternes seguint el següent procediment:

- 1- Tancar la clau de pas d'aigua que subministra a la cisterna.



Il·lustració 30: Claus de pas dels diferents vàters. (Font: Elaboració pròpia)

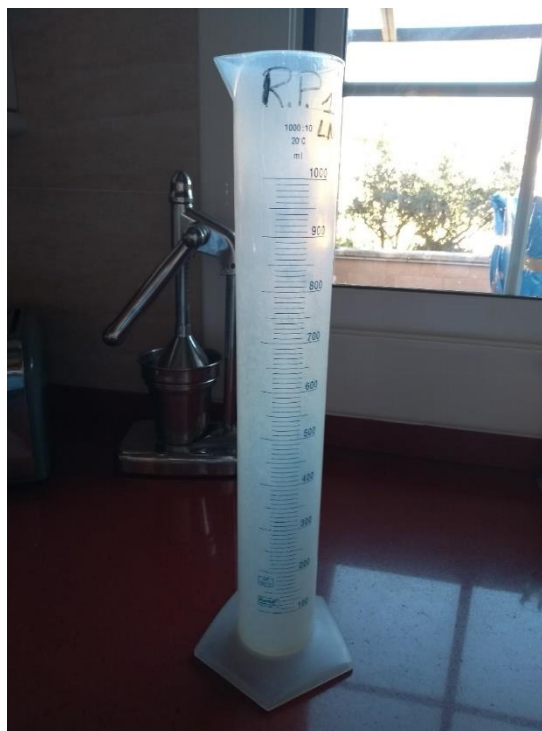
- 2- Obrint la tapa de la cisterna, marcar amb un bolígraf el nivell actual (ple).





Il·lustració 31: Marques realitzades conforme nivell d'aigua inicial. (Font: Elaboració pròpia)

- 3- Accionar la vàlvula de descarrega, de manera que buidem per complet la cisterna.
- 4- Mitjançant una proveta aforada d'1 litre, mesurar la quantitat d'aigua necessària per tal de omplir la cisterna fins a la marca realitzada en el punt 2.



Il·lustració 32: Proveta aforada. (Font: Elaboració pròpia)



Il·lustració 33: Exemple emplenat cisterna. (Font: Elaboració pròpia)

5- Tornar a obrir la clau de pas i tancar la cisterna.



Il·lustració 34: Fotos dels 3 vàters. (Font: Elaboració pròpia)

D'aquesta manera, podem concloure que el consum de cada una de les 3 cisternes de les que es disposen té valors molt propers als 6L, tal i com indicava la teoria. Per tant, el consum setmanal és de:

$$\begin{aligned} \sum \text{Volum cisterna (L)} \cdot \text{Número de buidades (n)} &= (L_1 + L_2 + L_3) \cdot n \\ &= (6 + 6 + 6) \cdot 96 = \mathbf{1728 \text{ Litres setmanals.}} \end{aligned}$$

Tot i això, aquest consum podria ser més baix, ja que només es té en compte que sempre es descarreguen els 6 litres dels que disposa el dipòsit del vàter.

Consum rentat de mans i rentat de cara:

Per tal d'esbrinar la quantitat d'aigua de xarxa que es gasta mentre que ens rentem les mans o la cara, es mesurarà el temps de mitjana que es manté l'aixeta oberta i quin cabal surt per la mateixa. De manera que multiplicant el cabal en Litres/segon (L/s) per els segons (s) que es manté l'aixeta oberta, tindrem el total de Litres consumits en els dos processos.

Com la proveta aforada de la que disposem no cap a sota de l'aixeta de la pica, per tal de poder saber el temps necessari per obtenir un litre d'aigua, s'aforarà un recipient de menor altura i major amplada per tal de poder prosseguir amb els càlculs.



Il·lustració 35: Recipient aforat a 1 Litre. (Font: Elaboració pròpia)

Per tal de poder obtenir uns resultats fiables, es va alinear el recipient.



Il·lustració 36: Procés emplenat recipient aforat. (Font: Elaboració pròpia)

Amb l'aixeta oberta a una força mitjana, per el procés de rentat de mans i cara, es va calcular el temps requerit per tal d'arribar a obtenir un litre d'aigua. Aquest temps és de 20 segons aproximadament, de manera que el cabal de l'aixeta és de 20^{-1} litres/segon, o el que és el mateix, 0,05 litres/segon. Multiplicant aquest cabal per el total de segons que es manté l'aixeta oberta, s'obtindrà un consum d'aigua bastant acurat.

Per tal de tenir el temps mig necessari per rentar-se la cara i les mans, vaig calcular cronòmetre en mà el temps que estava oberta l'aixeta per cada un dels 4 membres de la família, i va sortir un temps mig de 40 segons. Per al procés de rentat de mans, el temps mig mesurat amb el mateix procediment va sortir de 20 segons.

De manera que el consum d'aigua als lavabos seria de:

- En el cas de consum per rentat de mans:

$$\begin{aligned} \text{Consum setmanal } (n) \cdot \text{Cabal } (q) \cdot \text{temps}(t) &= 112 \cdot 0,05 \text{ l/s} \cdot 20s \\ &= 112 \text{ litres setmanals} \end{aligned}$$

- En el cas de consum d'aigua per rentat de cara:

$$\begin{aligned} \text{Consum setmanal } (n) \cdot \text{Cabal } (q) \cdot \text{temps}(t) &= 59 \cdot 0,05 \text{ l/s} \cdot 40s \\ &= 118 \text{ litres setmanals} \end{aligned}$$

De manera que el consum setmanal d'aigua de xarxa mitjançant l'aixeta dels lavabos és de **230 litres d'aigua**.

Consum d'aigua a la dutxa:

La metodologia amb la que es calcula el consum d'aigua de la xarxa mentre que ens dutxem es bastant semblant a la del punt anterior, es a dir, mesurant el cabal de sortida d'aigua de la carxofa i la quantitat de segons durant la setmana que ens dutxem, tindrem un consum d'aigua bastant acurat.

Per tal de mesurar el cabal mig d'aigua empleat durant la dutxa, es farà servir el mateix procediment que per mesurar el cabal de les aixetes dels lavabos.

La mesura del temps requerit per omplir 1 litre d'aigua va ser d'uns 5 segons aproximadament, que indica un cabal de 5^{-1} litres/segon o el que és el mateix, 0,2 litres/segon i sabent que l'aixeta està oberta a ritme constant un total de 81 minuts (8.940 segons):

$$\text{Cabal } \left(\frac{l}{s} \right) \cdot \text{temps } (s) = 0,2 \frac{l}{s} \cdot 4.860s = \mathbf{972 \text{ litres d'aigua}}$$

Consum d'aigua pica de la cuina:

La metodologia per calcular l'aigua consumida és la mateixa que l'emprada per el càlcul de consum d'aigua per al rentat de mans, de cara i el consum d'aigua durant la dutxa. Es a dir, es mesura el cabal mig i es multiplica per la quantitat total de temps que l'aixeta està en funcionament.

En aquest cas, el cabal mesurat a partir de l'obertura de l'aixeta és d'uns 17 segons/litre aproximadament, o 0,058 litres/segon, i el temps d'obertura mig a l'hora de rentar els plats és de 7 minuts (420 segons). De tal manera, el consum d'aigua de la xarxa a partir de la pica de la cuina seria de:

$$\begin{aligned} \text{Consum setmanal } (n) \cdot \text{Cabal } (q) \cdot \text{temps}(t) &= 9 \cdot 0,058 \frac{l}{s} \cdot 420s \\ &= \mathbf{219,24 \text{ litres setmanals}} \end{aligned}$$

Consum d'aigua per la utilització del electrodomèstics:

Gracies a la recerca dels detalls tècnics tant de la rentadora com del rentavaixelles, obtenir el consum d'aigua degut a la utilització dels electrodomèstics de neteja requerirà només d'un parell de càlculs senzills.

- Consum Rentavaixelles BOSCH FD9207:

Sabent, gràcies a les dades reflectides a les característiques tècniques, que el consum d'aigua per cada posada en marxa del rentavaixelles és de 11,7 litres d'aigua i que aquest es fa servir un total de 3 vegades per setmana de mitjana, el consum setmanal d'aigua és de:

$$\text{Posades en marxa } (n) \cdot \text{Consum unitari } (L) = 3 \cdot 11,7 \text{ Litres} = \mathbf{35,1 \text{ Litres}}$$

- Consum Rentadora BOSCH FD8801:

Sabent que el programa que es fa servir és el de Resistents/Cotó a 40°C, que aquest programa té un consum unitari de 58 litres d'aigua i que s'empra un total de 2 vegades per setmana, el càlcul de consum setmanal és el següent:

$$\text{Posades en marxa } (n) \cdot \text{Consum unitari } (L) = 2 \cdot 58 \text{ Litres} = \mathbf{116 \text{ Litres}}$$

D'aquesta manera, i amb l'objectiu de substituir l'aigua de la xarxa per aigua pluvial per tal d'alimentar el rentavaixelles i la rentadora, farien falta un total de 151,1 litres d'aigua pluvial per setmana per poder abastir-los al 100%.

2.2.3 Captació d'aigua pluvial.

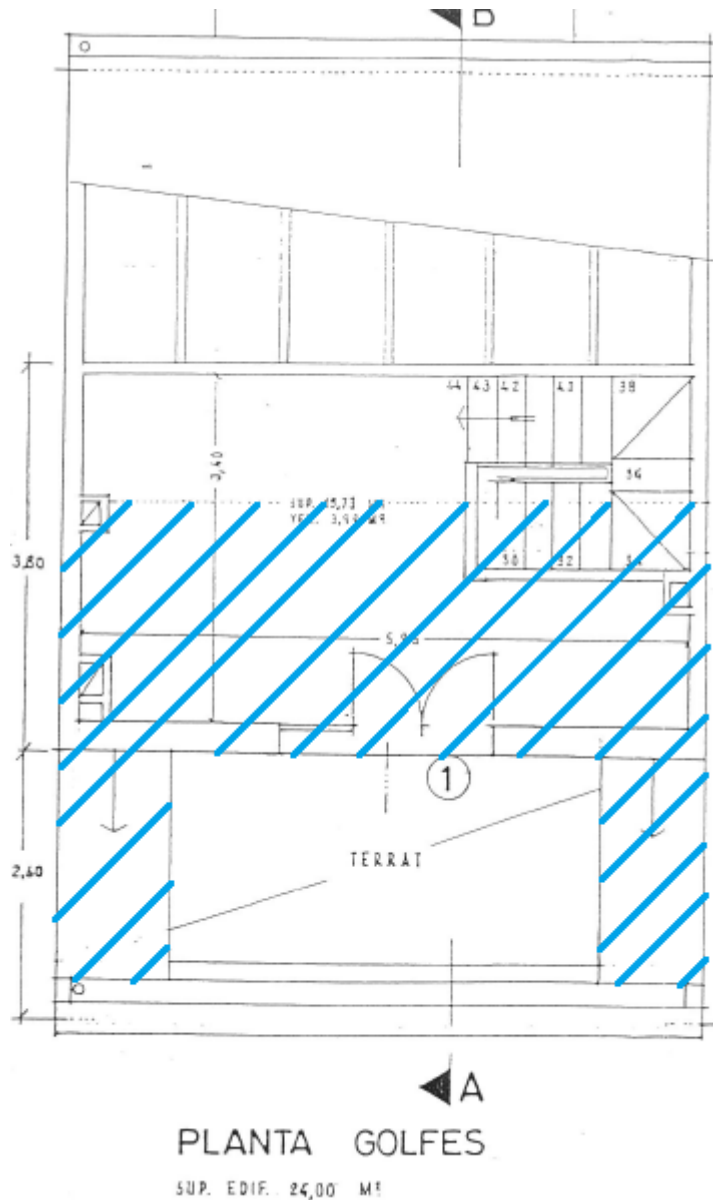
Per tal de poder tenir una idea de la quantitat d'aigua pluvial que haurem de gestionar, calcularem la quantitat d'aigua pluvial màxima que podríem recol·lectar mitjançant un càlcul de la superfície del terrat i les dos terrasses i multiplicant aquestes superfícies per valors alts d'acumulació d'aigua durant un dia de pluja.

Com ja s'ha mencionat anteriorment, la superfície total de les dos terrasses suma 37,16m², sent 28,35m² de la terrassa de la planta baixa més els 8,81m² de la terrassa situada a les golfes.

També es disposa d'un petit balcó situat a la planta pis amb una superfície de 3,6m², però al no estar delimitat, l'aigua de la pluja cauria sobre la terrassa situada just a baix d'aquest i per tant, en principi, no es té en compte aquesta superfície a l'hora de recol·lectar aigua pluvial. Tot i que si fes falta, es podria mirar d'habilitar aquest balcó per tal de poder aprofitar l'aigua pluvial que hi caigués.

D'aquesta manera, faltaria saber la superfície del terrat que, per inclinació o mitjançant les canonades exteriors, permetria que l'aigua que hi caigués es precipités a la terrassa de la planta baixa, per tal de disposar de totes les dades de superfícies destinades a la recol·lecció disponibles.

Per tal de d'obtenir aquesta superfície, es faran servir les mides que apareixen als plànols mencionats en el punt 2.1.12 *Descripció del model d'estudi*. i adjuntats als Annexos.



Il·lustració 37: Vista de planta de les golfes amb l'àrea a calcular. (Font: Elaboració pròpia)

L'àrea ratllada a la il·lustració anterior mostra l'àrea de sostre aprofitable per tal de Sabent que la superfície total de l'edifici és de $58,88\text{m}^2$ i que la terrassa està dividida en dos parts iguals, el resultat de metres quadrats relacionats amb la zona ratllada en el plànol seria igual a la divisió en dos de $58,88$ i restant l'àrea de $8,81\text{m}^2$ del terrat. D'aquesta manera:

$$\text{Àrea ratllada} = \frac{\text{superfície de planta}}{2} - \text{superfície terrat}$$

$$58,88\text{m}^2 / 2 - 8,81\text{m}^2 = 20,63\text{m}^2 \text{ de terrat}$$

Al tractar-se d'un terrat convencional, i seguint les indicacions de la "Guía Técnica de Aprovechamiento de Aguas Pluviales en Edificios" duta a terme per la fundació Aqua

España, a aquests 20,63m² de terrat se'ls hi ha d'afegir el coeficient de la superfície de captació, ja mostrats en el punt 2.1.6. *Mitjans de transport i emmagatzematge d'aigües pluvials*, que en el cas que ens toca, i al tractar-se de sostre dur convencional, és de 0,8.

$$20,63m^2 \text{ de terrat} \cdot 0,8 = 16,504m^2 \text{ de terrat aprofitable.}$$

Sumant aquests 16,504m² als 37,16m² del terrat i del solàrium, es disposa d'un total de 53,664m² aprofitables per a la recollida d'aigua pluvial, que multiplicats per els 147,6mm de pluja acumulada durant el mes de novembre de l'any 2016 (segons es mostra en el punt 2.1.3. *Pluges a Viladecavalls*), **resulta en 7,92m³ d'aigua pluvial total emmagatzemable màxima**. Es a dir, que, en una situació normal, un dipòsit de 8m³ hauria de ser més que suficient per emmagatzemar tota l'aigua pluvial que fos necessària, tenint en compte que no es fes servir gens d'aquesta aigua per a abastir l'habitatge.

Tot i això, per tenir una idea de l'aigua que es disposarà de mitjana, s'ha d'agafar un valor mig de precipitació acumulada mensual, que seria igual a uns 43,53mm. De manera que, fent el mateix càlcul que anteriorment i multiplicant els 57,79m² aprofitables per la recollida d'aigua per els 0,0435m d'acumulació d'aigua, de mitjana cada mes es disposarien d'uns:

$$0,0435m/mes \cdot 53,664m^2 = 2,334m^3/mes \text{ d'aigua pluvial.}$$

Per tal de poder manejar-ho amb més facilitat, es passaran aquests 2,334m³ a litres:

$$2,334m^3/mes = 2.334dm^3/mes = 2.334 \text{ litres/mes d'aigua pluvial.}$$

Per tant, es disposarien, de mitjana, d'uns **583,6 litres d'aigua pluvial cada setmana**.

Tot i això, i sent conscients del tipus de règim de pluges que afecta a Catalunya, no es pot comptar amb que cada setmana es puguin recollir aquests sis-cents litres d'aigua, ja que les característiques pluviomètriques indiquen que el més habitual és que sigui durant dos o tres dies al mes quan caiguin tots els mil·límetres d'aigua acumulada, de manera que el més adient seria disposar d'un dipòsit d'aigües pluvials suficientment gran com per a poder emmagatzemar la quantitat d'aigua suficient com a abastir la casa durant tot un mes.

2.2.4 Resum càlculs.

Per tal de poder facilitar la comprensió de tots els valors extrets mitjançant càlculs de consum i de producció d'aigua, a continuació s'adjunta una taula resum amb totes les dades que es tindran en compte per tal de continuar amb el disseny del sistema d'estalvi d'aigua a un habitatge.

Consum en litres.	Diari	Setmanal	Mensual
Consum comptador			
Trimestre 1	390	2710	10840
Trimestre 2	370	2570	10310
Trimestre 3	300	2100	8430
Trimestre 4	390	2740	10970
Consum cisterna vàter	246,86	1728,00	6912,00
Consum pica lavabos	32,86	230,00	920,00
Consum dutxa	138,86	972,00	3888,00
Consum pica cuina	31,32	219,24	876,96
Consum electrodomèstics			
Rentavaixelles	5,01	35,10	140,40
Rentadora	16,57	116,00	464,00
Captació aigua pluvial	83,37	583,60	2334,40

Taula 18: Resum càlculs consum i captació d'aigua. (Font: Elaboració pròpia)

2.2.5 Estudi de la distribució de l'aigua ja depurada.

Una vegada coneixem la quantitat d'aigua disponible per a la reutilització (en el cas de les aigües grises) o l'aprofitament (en quant a l'aigua pluvial), s'ha de decidir el destí d'aquestes aigües ja tractades i per què se li dona aquest destí.

Primer de tot, farem un resum de les dades calculades anteriorment:

Aigua consumida = aigua gris:

Com ja s'ha esmenat, les aigües grises serien aquelles que són produïdes en els processos d'higiene personal tals com rentar-se la cara o les mans o l'aigua d'entrada a clavegueram a partir de la dutxa.

Per tal de facilitar un resum de totes les dades, s'ha confeccionat la següent taula:

Font de consum	Consum d'aigua (L/setmana)
Aixeta lavabos	230
Dutxa	972
Aixeta cuina	219,24
TOTAL	1421,24

Taula 19: Producció aigües grises. (Font: Elaboració pròpia)

Aigua consumida = aigua negra.

En aquest cas, les aigües negres produïdes per un habitatge són, en gran mesura, aquelles que procedeixen dels vàters. Que en el cas del nostre habitatge, suposen més de la meitat del total d'aigua setmanal consumida, tal i com es pot veure a continuació.

També es tenen en compte com a aigües negres les produïdes tant per la rentadora com per el rentaplats, a causa de tots els components químics involucrats en aquests processos de neteja.

Font de consum	Consum d'aigua (L/setmana)
Cisterna	1.728,00
Rentadora	116
Rentaplats	35,1
TOTAL	1879,1

Taula 20: Producció aigües negres. (Font: Elaboració pròpia)

L'avantatge de que sigui aquest el major punt de consum d'aigua, és que també és el més fàcil de substituir per aigües grises, ja que la llei la inclou dins dels tractaments d'ús urbà i no ús residencial, cosa que comportaria una major despesa i major control dels tractaments aplicats a les aigües reutilitzades.

Aigua pluvial disponible.

Tot i que aquest recurs és el més complicat de gestionar degut a la seva variació, fent servir les dades mostrades en punts anteriors i fent una mitjana de les mateixes, es va arribar a una mitjana de 43,53mm d'aigua acumulada mensual, el que portaria a obtenir 2.334 litres d'aigua al mes o, el que és el mateix, uns 583,6 litres d'aigua aprofitable cada setmana. La qual es destinaria a suplir els consums dels dos electrodomèstics de neteja i els 306,76 litres d'aigua que faltarien per tal de poder substituir el 100% de l'aigua consumida mitjançant la descàrrega dels sanitaris.

De manera que, dels 583,6 litres d'aigua pluvial, el sistema hauria de ser capaç d'assegurar:

$$35,1 + 116 + 306,76 = \mathbf{457,86 \text{ litres de demanda setmanal d'aigua pluvial.}}$$

Distribució de l'aigua disponible.

Ja que, tal i com es pot comprovar, el consum de l'aigua mitjançant la descàrrega dels sanitaris és tan elevada, de fet superior a la suma de tota l'aigua grisa produïda per l'habitatge, i com que l'aigua gris és, amb un petit tractament, òptima per a la descàrrega dels sanitaris, tots els litres d'aigües grises que es produeixin en el nostre model d'estudi aniran destinats a emplenar els sanitaris. Evitant així un augment del cost en quant a la depuració de l'aigua per tal de fer-la per a altres tasques tals com la neteja. Ja sigui

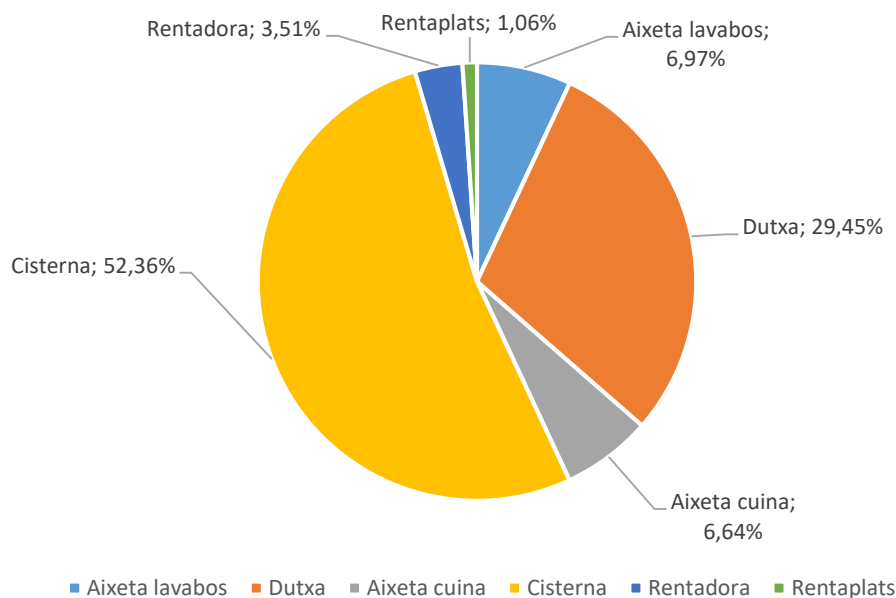
mitjançant la rentadora o el rentavaixelles. D'aquesta manera, i destinant els 1.421,24 litres teòrics d'aigües grises produïdes a suplir els 1.879,1 litres d'aigua de xarxa consumits a causa de les descàrregues dels sanitaris, es podran estalviar, només gràcies a la reutilització de l'aigua:

$$\eta_{estalvi} = \frac{\text{Aigües grises}}{\text{Total consum}} = \frac{1.421,24}{1.421,24 + 1879,1} = 0,4306 * 100 = 43,06\%$$

Tot i que un estalvi aproximat al 50% ja és un gran estalvi, encara s'han de tenir en compte les aigües pluvials, que ajudarien a acabar de substituir tot el consum d'aigua de xarxa per part dels sanitaris i podrien substituir tota l'aigua que consumeixen els dos electrodomèstics, rentadora i rentavaixelles. De manera que el rendiment d'estalvi en condicions de tenir un bon abastiment d'aigües pluvials seria el següent:

$$\eta_{estalvi} = \frac{\text{Aigües grises} + \text{Aigües pluvials}}{\text{Total consum}} = \frac{1.421,24 + 457,86}{1.421,24 + 1879,1} = 0,5693 * 100 = 56,93\%$$

Passant de consumir 3.300,34 litres setmanals (13.201,36 litres mensuals) a consumir aproximadament el 1.421,24 litres cada setmana generats per les diferents aixetes i dutxes, o el que és el mateix, 5.684,96 litres cada mes.



Gràfic 10: Percentatge de consum d'aigua. (Font: Elaboració pròpia)

2.2.6 Disseny del sistema.

Un cop ja tenim clar tant els consums que s'han d'abastir com la forma en la que es vol abastir, el següent pas és el de dissenyar un sistema capaç de complir el nostre objectiu de poder estalviar la màxima quantitat d'aigua possible, tenint en compte tant les aigües grises reutilitzades com l'aigua pluvial recol·lectada per tal de poder estalviar el màxim de tota l'aigua que es consumeix en el nostre model d'estudi.

Dimensions dels diferents dipòsits.

Per tal de poder emmagatzemar tota l'aigua que necessitem, s'han de calcular de manera acurada les dimensions que haurien de tenir els nostres dipòsits. Aplicant un bon factor de seguretat per prevenir-nos de possibles contratemps però tenint en ment que com més gran sigui aquest dipòsit, més pujarà el preu de la instal·lació i major serà la dificultat de trobar-li un lloc on guardar-lo.

Per tal de facilitar les tasques de depuració i fer més senzill el disseny de les canonades, es comptarà amb un dipòsit exclusiu per aigua pluvial i un altre on només s'hi emmagatzemaran les aigües grises que es vagin produint. De manera que, per tal de saber quines dimensions haurien de tenir, s'han de tenir en compte els volums d'aigua que s'hauran d'emmagatzemar i durant quant de temps es vol poder estar emmagatzemant aquesta aigua, es a dir, si es vol tenir capacitat per només una setmana de producció d'aigües grises o per a més d'una setmana.

- **Dipòsit d'aigües grises:**

Com s'ha comprovat en els càlculs anteriorment mostrats, la totalitat de les aigües grises produïdes en el lapse de temps d'una setmana aniran a abastir les cisternes dels vàters. De manera que amb un dipòsit capaç de guardar la producció d'una setmana, s'hauria de poder garantir que aquest mai estarà ple, cosa que provocaria una pèrdua de rendiment en el sistema. Tot i això, i per poder estar segurs de que el dipòsit podrà assumir sense cap problema pics d'arribada d'aigües grises, se li aplicarà una majoració de 1,2 vegades el volum d'aigua produït durant una setmana, de mateixa forma que es farà en els dipòsits per aigües pluvials. D'aquesta manera, es passarà dels 1.421,24 litres inicials a:

$$1.421,24 \text{ litres} \cdot 1,2 = 1.705,48 \text{ litres}$$

Aquest càlcul ens permet guiar-nos de les mides mínimes que ha de tenir el dipòsit encarregat d'emmagatzemar aquestes aigües. Per tal de poder fer-nos una idea de les dimensions exteriors que podrien tenir, a continuació s'adjunten diversos exemples de les solucions que ofereixen empreses com Riuvet o Ceasa, on es pot comprovar com en tots els dipòsits, el volum immediatament superior al que necessitem nosaltres és de voltants els 2000L.

PUFFY, Depósito cilíndrico vertical bajo



Modelo	Código	Volumen (l)	D (cm)	H (cm)	PVP (€)
PUFFY	33102050	200	77	55	98,26
	33102051	300	87	63	139,99
	33102052	500	100	69	183,05
	33102053	960	130	77	339,19
	33102054	1.390	135	125	454,95
	33102055	1.600	155	100	650,12
	33102056	2.100	155	130	714,73
	33102057	3.000	165	175	845,29
33102058	5.000	195	183	1.039,12	

* Fabricado con PE calidad alimentaria

TH, Depósito cilíndrico de superficie. Horizontal



Modelo	Código	Volumen (l)	A (cm)	L (cm)	H (cm)	Portes	PVP (€)
TH	33102224	500	88	100	90		260,02
	33102225	1.000	100	144	108		458,86
	33102226	2.000	135	160	147		742,99
	33102222	3.000	160	174	172		1.223,64
	33102223	5.000	185	222	195		2.187,26
	33102227	8.000	200	265	210	no incl.	3.246,86
	33102228	12.500	220	310	225	no incl.	3.894,93

* Fabricado con PE calidad alimentaria

DEPÓSITOS

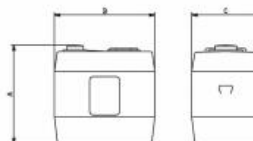


DEPÓSITOS ALMACENAMIENTO DE AGUA

CÓDIGO	MODELO	CAPACIDAD TOTAL Lts.
C-714284	Tanque Almacenamiento de Agua RB-500	500
C-714285	Tanque Almacenamiento de Agua RB-700	700
C-714286	Tanque Almacenamiento de Agua RB-1100	1.100
C-714295	Tanque Almacenamiento de Agua RB-2000	2.000
C-714296	Tanque Almacenamiento de Agua RB-3000	3.000



CÓDIGO	MEDIDAS A x B x C mm	PESO (Kg)
C-714284	1.004 x 1.060 x 660	10
C-714285	1.395 x 1.060 x 660	15
C-714286	1.900 x 1.060 x 660	20
C-714295	1.695 x 2.250 x 720	40
C-714296	1.695 x 2.250 x 990	50



Il·lustració 38: Diferents dipòsits per a aigües grises. (Font: Riuvet.com / Ceasa.com)

- **Dipòsits d'aigües pluvials:**

El volum del dipòsit depèn de 2 factors:

- La demanda generada per el sistema (aparells connectats a l'aigua de pluja de l'edifici).
- L'oferta d'aigua pluvial generada per la superfície de captació i la precipitació local on es situï la instal·lació.

Tan mateix, s'haurà de tenir molt en compte el període màxim entre pluges.

Existeixen nombroses formes de càlcul del volum del dipòsit, totes elles provades empíricament per a diverses hipòtesis dels factors anteriors. A continuació, es proposa una fórmula abreviada i estandarditzada vàlida només per a l'aprofitament de l'aigua pluvial.

En primer lloc, s'ha d'analitzar la viabilitat del sistema:

- Si la Demanda és menor que l'Oferta, es pren la demanda com a base de càlcul.
- Si la Demanda és major que l'Oferta, es descarta l'ús d'aigua no potable (ja que la limitació vindrà a partir de la captació).

En el nostre cas, com la Demanda és menor que l'Oferta, es prendrà la D com a valor de referència.

$$V_{Dipòsit} = \frac{D}{365} \cdot t \cdot f_2$$

En la qual:

- $V_{Dipòsit}$: Volum total del dipòsit (litres).
- D: Cabal de demanda anual (litres).
- t: Període màxim entre dos episodis de pluja significatius (dies) = 30 - 40 dies.
- f_2 : Augment entre un 15 i un 20% degut al contingut de sediments al fons del dipòsit que produeix una pèrdua de volum útil.

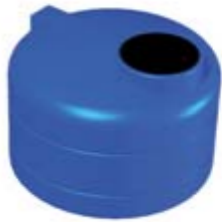
On:

- $D = 307,1 \text{ litres/setmana} \cdot 52 \text{ setmanes/any} = 15.969,2 \text{ litres/any.}$
- $t = 40 \text{ dies.}$

De manera que, el volum que necessitem que compleixi el nostre dipòsit és de:

$$V_{DRP} = \frac{15.969,2}{365} \cdot 40 \cdot 1,2 = \mathbf{2.100,06 \text{ litres.}}$$

Com per exemple el dipòsit mostrat a continuació i que ja s'ha adjuntat com a opció per a dipòsit d'aigües grises:

PUFFY, Depósito cilíndrico vertical bajo


Modelo	Código	Volumen (l)	D (cm)	H (cm)	PVP (€)
PUFFY	33102050	200	77	55	98,26
	33102051	300	87	63	139,99
	33102052	500	100	69	183,05
	33102053	960	130	77	339,19
	33102054	1.390	135	125	454,95
	33102055	1.600	155	100	650,12
	33102056	2.100	155	130	714,73
	33102057	3.000	165	175	845,29
	33102058	5.000	195	183	1.039,12

* Fabricado con PE calidad alimentaria

Il·lustració 39: Possible dipòsit d'aigües pluvials. (Font: Riuvert.com)

Sistema de depuració.

Sabent ja les dimensions que han de tenir els dos dipòsits que necessitem per tal de poder allotjar tota l'aigua, el següent pas és el d'escollir quin sistema de tractament d'aigües volem donar a les aigües tant pluvials com grises.

Per tal de poder obtenir les qualitats necessàries sense haver d'aplicar tractaments innecessaris, s'aplicarà un tractament físic-químic a les aigües grises (tal i com es va explicar en el punt 2.1.11. *Depuració d'aigües grises*), amb l'objectiu d'eliminar totes les males olors i la terbolesa pròpies d'aquestes aigües. A les aigües pluvials, en canvi, només se'ls hi aplicarà un tractament físic (també explicat anteriorment), ja que la seva naturalesa lliure de calç ja les fa idònies per alimentar els electrodomèstics, però les restes sòlides suposen un perill pel correcte funcionament dels mateixos.

- **Tractament aigües grises:**

Per a les aigües grises s'ha escollit un producte de l'empresa Biotank, el qual ofereix un sistema de reciclatge d'aigües totalment automàtic i de fàcil adaptació.

La principal raó per la qual he escollit aquesta solució és la facilitat que ofereixen a l'hora de dur a terme la instal·lació i la possibilitat de, mitjançant el seu sistema de control, poder automatitzar tot el procés.



Il·lustració 40: Biotank BioGrey. (Font: Biotank.com)

A continuació es mostraran les especificacions tècniques del model en qüestió, les quals podreu trobar en el seu format original en els annexos.

Descripció del model:

Es tracta d'un equip de reciclat d'aigua gris completament automàtic, construït sobre una bancada i amb connexions d'entrada, sortida i desguàs preparades per a una fàcil instal·lació.

Es consideren aigües grises les aigües residuals domèstiques procedents de dutxes, banyeres i piques. S'exclouen les aigües procedents de cuines, bidets, rentadores, rentavaixelles, processos industrials o amb productes químics contaminants i elevat nombre d'agents patògens i fecals.

Funcionament:

L'aigua entra en un dipòsit d'acumulació on l'efluent homogeneïtzat sofreix una oxigenació. L'escuma que pugui ser creada a l'aljub és eliminada mitjançant l'addició d'un antiespumant. Això assegura que no es produiran males olors.

Posteriorment l'aigua s'envia al procés de reciclatge d'aigües grises, on sofreix un procés físic-químic de tal forma que es redueixen els sòlids en suspensió, terbolesa, tensioactius, olors i restes de matèria orgànica. Per últim, l'aigua neta s'emmagatzema en el dipòsit d'acumulació i roman preparada per a la seva reutilització ja sigui per cisternes o per reg.

Característiques:

Cód.	Caudal Diario (m3)	Tubería Entrada Ø	Potencia Instalada (kw)	Dimensiones Depósito Entrada				Dimensiones Recicladora		
				Vol. (l.)	Ø (mm.)	Long. (mm.)	Posición	Largo (mm.)	Ancho (mm.)	Alto (mm.)
BGR-2	2,00	110	0,6	1000	1200	1300	Vertical	1710	600	1384
BGR-4	4,00	110	0,7	2000	1550	1250	Vertical	1710	600	1384
BGR-9	8,80	110	1,1	5000	2000	1750	Vertical	1860	880	1881
BGR-16	16,00	110	1,6	8000	2000	2500	Vertical	2060	1080	2159
BGR-24	24,00	110	2,4	12000	2400	2600	Vertical	2660	1080	2211
BGR-48	48,00	125	3,3	30000	2400	6600	Horizontal	3230	1080	2940
BGR-78	78,00	160	5,5	40000	2400	8800	Horizontal	3590	1280	2947
BGR-116	116,00	160	7,5	60000	3000	9000	Horizontal	3810	1600	3365

* La recicladora se construye en bancada transportable

Taula 21: Característiques sistema tractament aigües grises. (Font: Biotank.com)

La referència escollida per el nostre projecte ha estat la BGR-4, capaç d'allotjar un volum de dos mil litres d'aigua i treballar sota un règim de quatre mil litres cada dia. S'ha escollit aquesta referència per que el volum que oferta és suficient per poder treballar amb un bon marge tenint en compte que el volum mínim necessari era de 1.700 litres.

Mitjançant contacte telefònic, es va acordar un preu voltant els 3.000€ per a l'adquisició del model que busquem.

- **Tractament d'aigües pluvials:**

Com s'ha comentat anteriorment, el tractament requerit per a poder aprofitar les aigües procedents de la pluja és un tractament físic, ja que aquestes aigües estan absents de components químics perjudicials per la salut o per el correcte funcionament dels electrodomèstics.

IRRIGA PLUS, sistema automático de reutilización

Modelo	Código	Volumen (l)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Altura H (cm)	Potencia (Kw)	Tensión (V)	Tapa	Portes	PVP (€)
IRRIGA PLUS	33105011	3.500	186	186	212	1	220	30		5.978,95
	33105012	6.000	186	258	212	1	220	30	no incl.	6.695,12
	33105014	12.500	214	347	265	1	220	50 x 50	no incl.	9.152,83
	33105015	16.000	214	494	265	1	220	2 x (50 x 50)	no incl.	13.098,72



Il·lustració 41: Sistema tractament aigües pluvials. (Font: Riuvert.com)

El sistema de tractament d'aigües pluvials mostrat en aquest punt és l'ofert per l'empresa Riuvert. S'ha escollit aquesta opció en front d'altres alternatives degut a que altres versions incorporaven tractaments químics, els quals per el nostre cas no es necessari i sobre tot, per que aquesta versió disposa d'un sistema intel·ligent encarregat de que, en cas de no disposar de suficient aigua pluvial, el sensor avisi a la centralita per que aquesta faci entrar aigua de la xarxa general per tal de poder garantir la disponibilitat d'aigua fins que hi torni a haver aigua procedent de la pluja. El sistema de filtres consta d'un filtre de tipus cistella que seria l'encarregat d'eliminar les partícules sòlides de menor mida i, en addició, s'hi podria instal·lar un de tipus T1 a les baixants per tal d'eliminar els sòlids de major mida (fulles, branques...) i així no sobrecarregar el filtre intern.

El volum escollit pel nostre cas és el més petit de tots, 3.500 litres, més que suficient per tal d'emmagatzemar el 100% de l'aigua de pluja inclòs en els mesos de major acumulació d'aquesta.

Bombes d'impulsió.

Per tal de poder disposar de l'aigua tractada a les diferents altures a les que són requerides, s'abastiran els dos sistemes de tractament (tant el d'aigües grises com el d'aigües pluvials) d'una bomba a cada un per tal de que aquestes aigües mai estiguin en contacte entre elles. Com a característica fonamental, s'ha de complir que les bombes que escollim hagin de poder pujar aigua a una altura de 9 metres per la d'aigua reciclada i de 6 per la d'aigua pluvial.

El tipus de bomba més adient per tal d'abastir les necessitats domèstiques són els grups de pressió, ja que aquesta bomba automàtica manté la instal·lació a un nivell constant de pressió per a que, en tot moment, es disposi de l'aigua tractada amb la força requerida.

El grup de pressió escollit per el nostre projecte és l'ofert per l'empresa Natflow, en concret el model APS800i que, tot i ser el model més petit que ofereixen, compleix de manera sobrada amb les nostres demandes d'altura amb un cost energètic molt reduït.

El cabal màxim que té aquesta bomba és de 3,2 m³/h, de manera que necessitaria estar en marxa, en el cas de les aigües grises, aproximadament una mitja hora acumulada a la setmana i, en el cas de les aigües pluvials, menys d'un quart d'hora de funcionament continu a la setmana.



Il·lustració 42: Natflow APS800i.

(Font: Tu&Co.com)

Selecciona la potencia	800 W
Altura máxima de aspiracion	7 metros
Altura máxima mts	40 metros
Cuerpo de bomba	Acero inoxidable
Longitud del cable	1.2 metros
Referencia	JN-25047
Marca	NATFLOW

Taula 22: Característiques Natflow APS800i. (Font: Tu&Co.com)

D'aquesta manera, el consum elèctric quedaria reflectit en la següent taula:

	Aigua gris	Aigua pluvial
Cabal màxim (m³/h)	3,2	3,2
Demanda setmanal (m³)	1,421	0,457
Demanda mensual (m³)	5,684	1,828
Temps de funcionament (h)	1,77625	0,57125
Potència bomba (kW)	0,8	0,8
Consum resultant (kWh)	1,421	0,457

Taula 23: Consum resultant grups de pressió instal·lats. (Font: Elaboració pròpia)

2.2.7 Implantació final de l'habitatge.

Un cop instal·lats els dos dipòsits encarregats de la reutilització i aprofitament de les diferents aigües i tenint clars els punts on es destinarien aquestes aigües, els plànols finals de l'habitatge, tenint en compte la següent llegenda, quedarien de la següent manera:

Contorn blanc: S'abasteix d'aigua de la xarxa general.

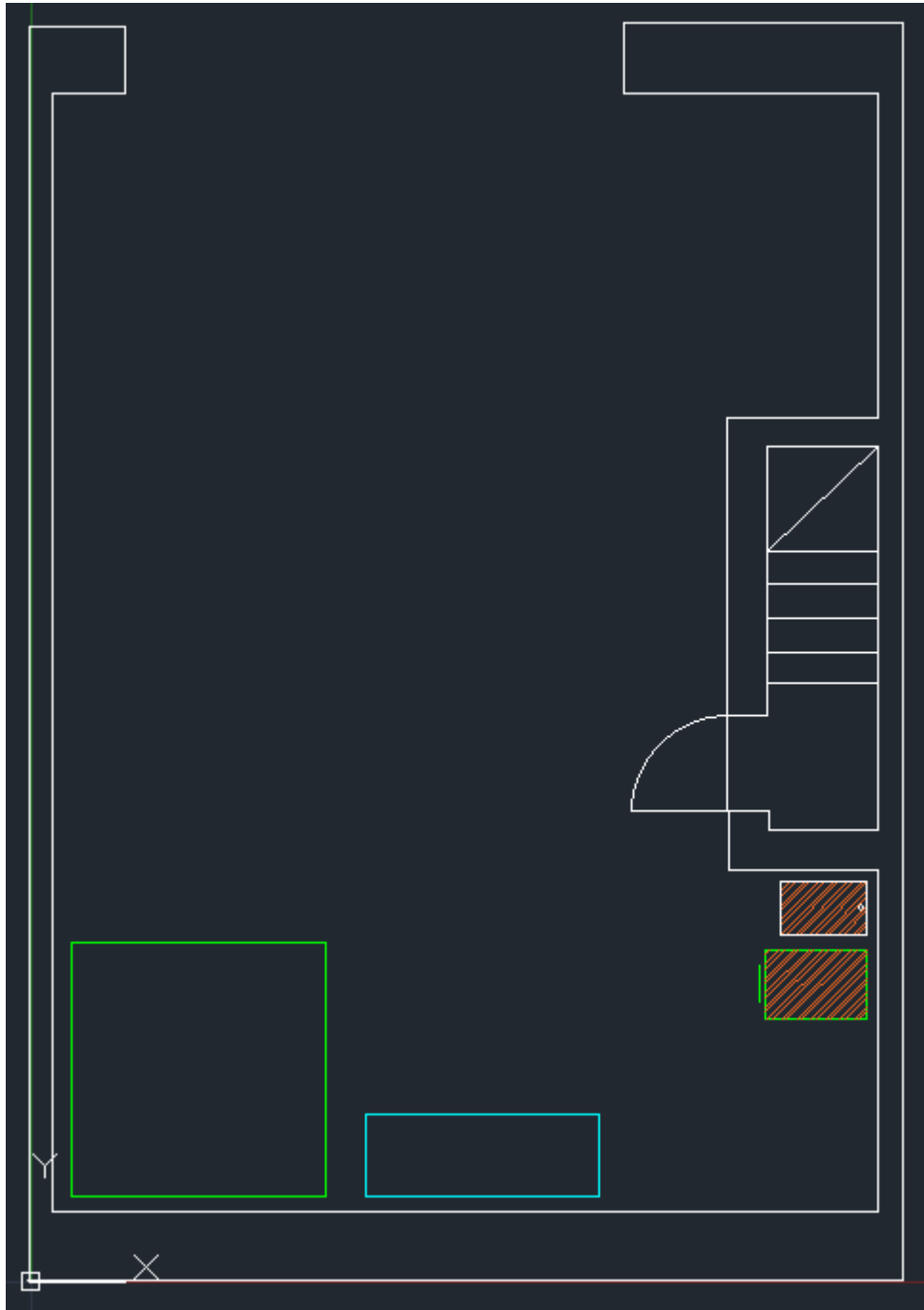
Contorn verd: S'abasteix d'aigua pluvial.

Contorn blau: S'abasteix d'aigua reutilitzada.

Interior blau: Aigua destinada a la reutilització.

Interior taronja: Aigua negra.

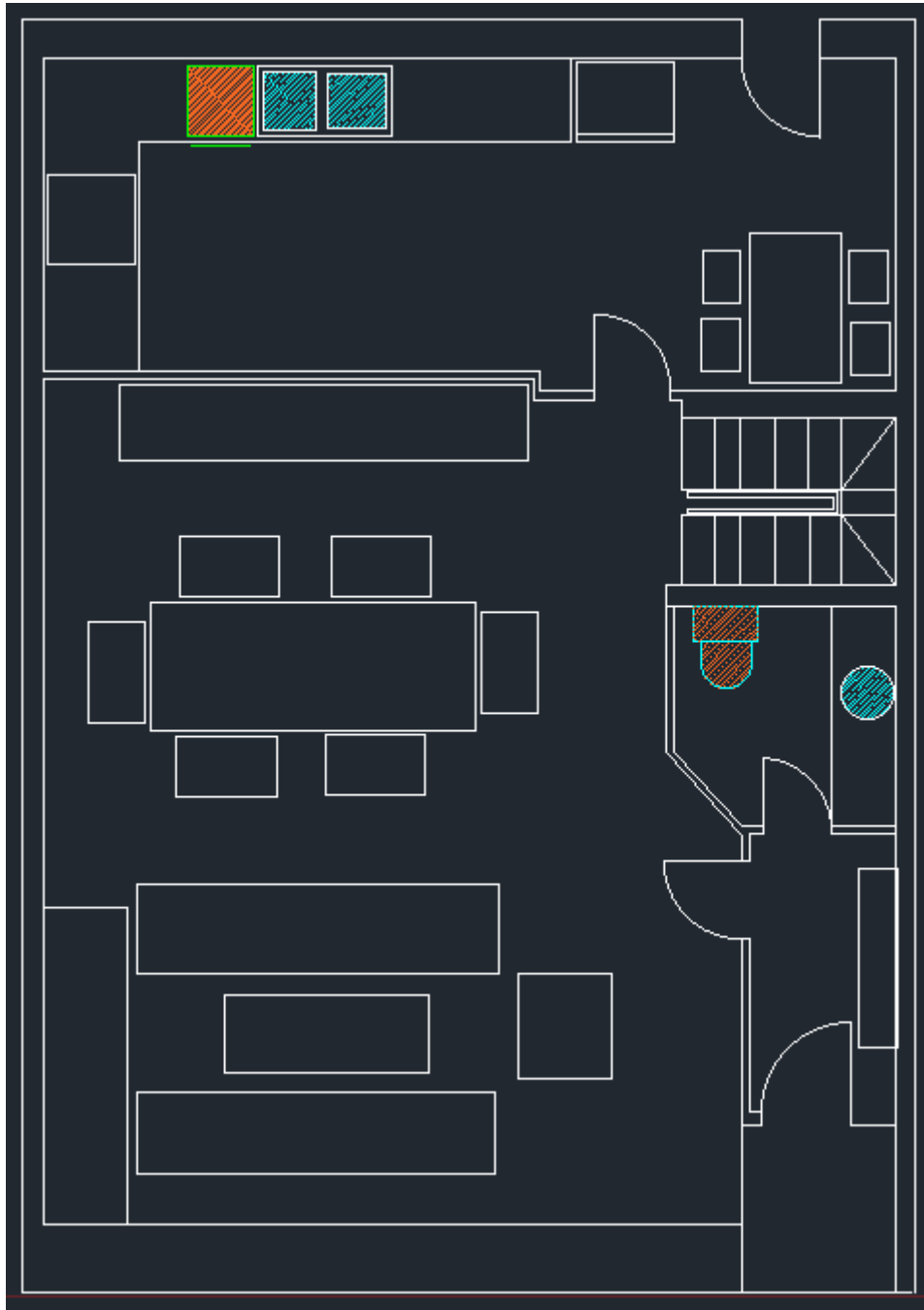
Garatge:



Il·lustració 43: Plànol actualitzat del garatge. (Font: Elaboració pròpia)

Al soterrani, o garatge, és on es decideix instal·lar els dos sistemes de tractament d'aigües, tant el pluvial com el de regeneració. Ja que és on hi ha més espai lliure i on es compleixen les condicions òptimes tant d'humitat com de temperatura.

Planta baixa:



Il·lustració 44: Plànol actualitzat planta baixa. (Font: Elaboració pròpia)

A la planta baixa, els punts interessants són a la cuina i al petit lavabo.

A la cuina s'aprofita l'aigua de la pluja per tal d'alimentar el rentavaixelles i les aigües que surten d'aquest, a causa de contenir restes químiques, són catalogades com a aigües negres. La pica situada a la cuina s'alimenta d'aigua potable de la xarxa general i l'aigua que hi surt, aigua gris, serà reaprofitada.

Al petit lavabo, la cisterna s'omplirà amb aigua gris i la descàrrega convertirà aquesta aigua en aigua negra. La pica, de mateixa manera que la situada a la cuina, donarà aigua de la xarxa i l'aigua que marxi pel desguàs serà posteriorment tractada i reutilitzada.

Primera planta:



Il·lustració 45: Plànol actualitzat primer pis. (Font: Elaboració pròpia)

A la planta baixa, els dos únics punts on incideix el nostre sistema d'estalvi es troben als dos lavabos.

En els dos es troben una dutxa i una pica, que tindran connexió a l'aigua de la xarxa municipal i les aigües que marxin pel desguàs aniran directes al dipòsit de tractament d'aigües grises per tal de ser reutilitzades, en gran mesura, pels vàters situats a la mateixa planta, que s'alimentaran d'aigua gris i la convertiran en aigua negra.

2.2.8 Anàlisi econòmic.

Pressupost.

En el nostre pressupost només estan inclosos els cost de compra dels dos dipòsits de tractament de tant les aigües pluvials com de les aigües grises esmenats en l'anterior punt de Disseny del sistema.

No es tindrà en compte el cost de modificar tot el sistema de clavegueram de l'habitatge ja que tant el cost econòmic com la complexitat de dur a terme aquestes modificacions són tan elevades que resulta absurd plantejar-ho. Tot i així, si aquest estudi es dugués a terme en un habitatge d'obra nova, el cost de implementar aquest sistema es centraria només en els mateixos dipòsits, ja que en el cost de l'obra no hi hauria d'haver variació alguna fent un disseny o un altre de les clavegueres.

ARTICLE	COST
Biotank BioGrey EGR-4	3.000 €
Irriga Plus 33105011 (3.500L)	5.978,75 €
2 bombes Natflow APS800i	160,66€
Total	9.139,41 €

Taula 24: Pressupost. (Font: Elaboració pròpia)

Viabilitat Econòmica.

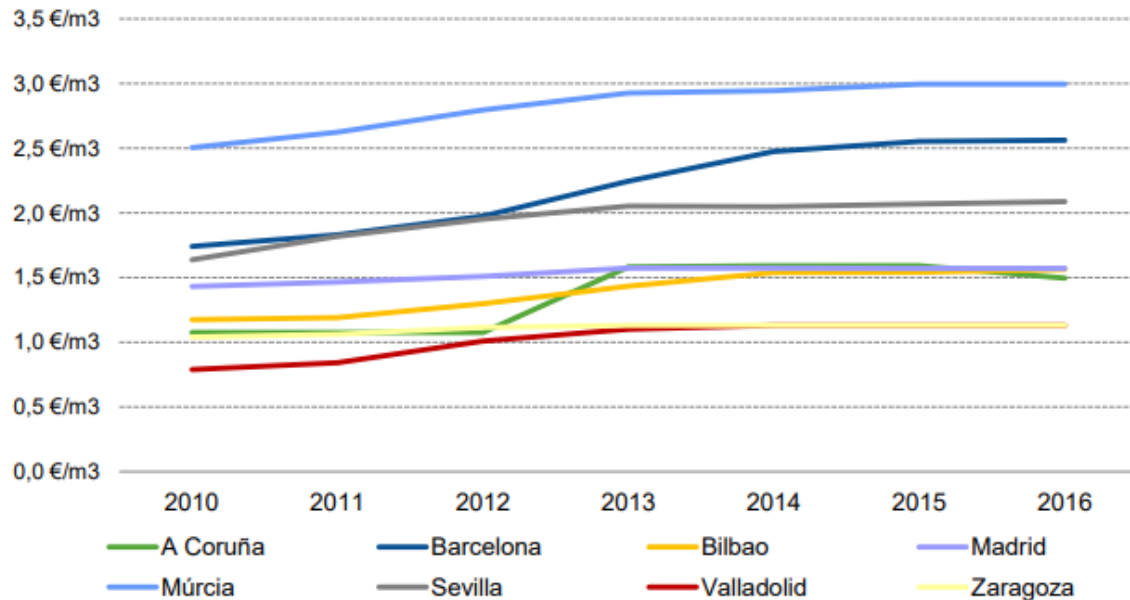
La viabilitat econòmica s'avaluarà tenint en compte només la compra dels dos dipòsits de tractament d'aigües i l'estalvi econòmic relacionat amb l'estalvi d'aigua. També es tindran en compte les despeses de funcionament.

El preu del metre cúbic d'aigua es fixa segons la tarifa proporcionada per Aigües de Barcelona (AGBAR), segons es mostra a la següent taula extreta directament de la seva pàgina web:

Tramo	Consumo mensual	Precio €/m ³
1	0-6 m ³	0,6189 €/m ³
2	7-9 m ³	1,2379 €/m ³
3	10-15 m ³	1,8568 €/m ³
4	16-18 m ³	2,4757 €/m ³
5	>18 m ³	3,0946 €/m ³

Taula 25: Tarifes ofertes per AGBAR. (Font: AGBAR)

Per estimar la amortització del sistema s'ha de tenir en compte que el preu de l'aigua a l'estat espanyol tendeix a augmentar a un ritme elevat, segons les dades proporcionades per la pròpia Agència Catalana de l'Aigua, el preu/metre cúbic d'aigua a la ciutat de Barcelona va sofrir la major pujada de tot l'estat espanyol. Cosa que augura que cada vegada seria major la viabilitat econòmica d'instal·lar un sistema com el plantejat.



Gràfic 11: Evolució preu unitari total d'ús domèstic per un consum de 10m³/mes. (Font: ACA)

Segons la taula 25, referent a les diferents tarifes que oferta Aigües de Barcelona i el nostre consum actual de uns 13.000 litres mensuals, el nostre preu de compra d'aigua seria de 1,8568€/m³, de manera que el consum d'aigua efectuat durant un mes sense disposar del sistema integral d'estalvi d'aigua seria de:

$$13,201m^3 \cdot 1,8568€/m^3 = 24,51€/mes$$

El volum d'aigua que, segons les aproximacions calculades anteriorment i aplicant el nou sistema integral d'estalvi d'aigua es passaria a consumir a l'habitatge de forma mensual seria de 5.684,96 litres, cosa la qual ens permetria passar d'un preu de 1,8568€/m³ al tram menor tram de consum, de menys de 6 metres cúbics i un cost de 0,6189€/m³ i, per tant, un cost mensual de:

$$5,684 m^3 \cdot 0,6189€/m^3 = 3,518€/mes$$

Per tant, l'estalvi d'aigua mensual d'entorn el 56%, ens reportaria un estalvi econòmic de:

$$24,51€/mes - 3,51€/mes = 21€/mes$$

I per tant, gràcies a poder beneficiar-nos de la quota més rebaixada, un estalvi del:

$$\frac{21€/mes}{24,51€/mes} = 0,8564 \cdot 100 = \mathbf{85,64\%}$$

El cost de manteniment consistiria en el cost energètic, el qual es redueix al consum elèctric de les bombes instal·lades a cada un dels dipòsits. Com s'ha establert anteriorment, el consum energètic resultant en kWh de les bombes encarregades d'impulsar l'aigua tant reciclada com pluvial cap al seu destí de reaprofitament, és de 1,421kWh i 0,457kWh. A això s'ha de sumar el consum que tenen els sistemes de tractament, independentment de les bombes d'impulsió, que són de 0,7kW i 1kW pel tractament d'aigües grises i el d'aigües pluvials respectivament.

Segons el nou sistema elèctric en el que la fixació del preu ja no ve estipulada en funció de subhastes elèctriques trimestrals, sinó que s'estableix a través del mercat majorista, el preu de la llum varia hora a hora. Tot i la variació del €/kWh, s'estableix que el preu mig a Espanya és d'uns 0,12€/kWh.

Dades	C. energètic (kW)	C. elèctric (kWh)	C. econòmic (€/mes)
Dipòsit tractament AA.GG.	0,7	1,2433	0,1492
Dipòsit tractament AA.PP.	1	0,5712	0,0685
Bomba impulsió AA.GG.	0,8	1,421	0,1705
Bomba impulsió AA.PP.	0,8	0,457	0,0548
Total			0,4431

Taula 26: Total cost manteniment elèctric. (Font: Elaboració pròpia)

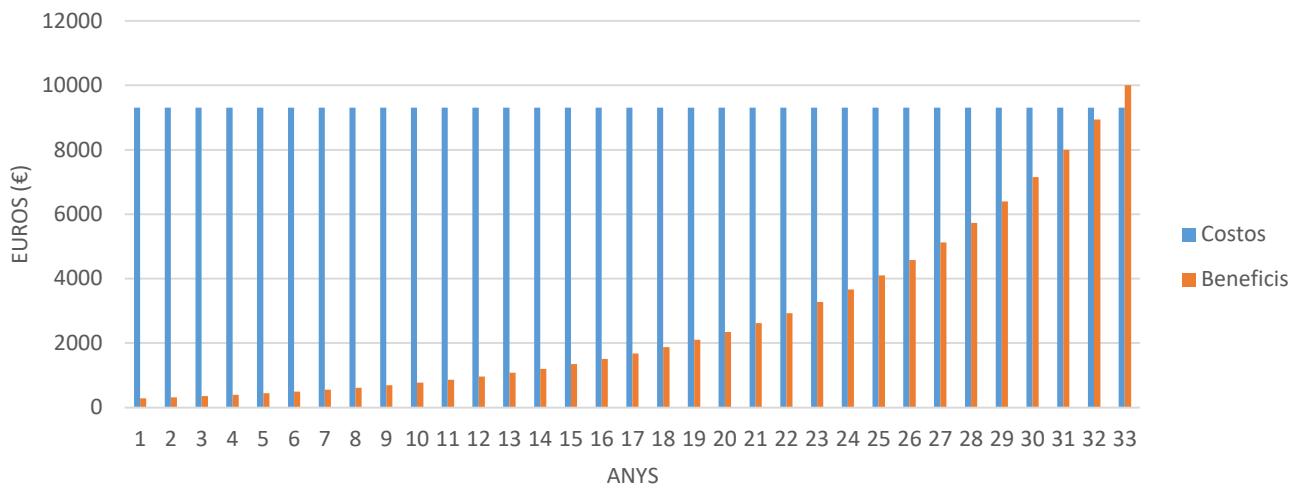
Per tal de poder resumir totes les dades anteriorment calculades, s'adjunta la següent taula número 27 amb un resum econòmic aproximat calculat per un període anual. Cal observar com, el fet de poder acollir-se a tarifes més reduïdes, afecta en l'estalvi econòmic relacionat amb l'estalvi d'aigua.

RESUM ECÒNOMIC ANUAL	Tractament AA.GG.	Tractament AA.PP.	Total. (€)
Dipòsit tractament. (€)	3000	5.978,75	5978,75
Bomba impulsió. (€)	160,66	160,66	321,32
Manteniment energètic. (€)	3,836	1,480	5,3173
Estalvi Econòmic. (€)	-111,654	-25,029	-252
Total. (€)			6053,387

Taula 27: Resum anual de despeses i estalvis. (Font: Elaboració pròpia)

Una vegada tenim el cost total el primer any, i abans d'esbrinar a partir de quin any començaria a ser rentable la nostra inversió, cal tenir en compte l'augment del cost de l'electricitat (s'estima una pujada del 2,5% per l'any 2018 [El País, 1 de gener del 2018]), i l'augment del preu del metre cúbic a Barcelona (11,8% [La Vanguardia, 28 de desembre del 2018]).

Rentabilitat del projecte



Gràfic 12: Rendibilitat del projecte. (Font: Elaboració pròpia)

A la gràfica 12 es mostra un gràfic amb els costos inicials + de manteniment energètic i els beneficis gràcies a l'estalvi d'aigua, segons els increments citats. Per el sistema integrat d'estalvi d'aigua mitjançant el reaprofitament de les aigües grises i la captació de les aigües pluvials, el període de retorn es situa en torn als 30 – 35 anys.

3. Conclusions.

- S'ha dut a terme l'anàlisi de la implementació d'un sistema integrat d'estalvi d'aigua a un habitatge amb l'objectiu de poder reaprofitar les aigües grises i les aigües pluvials per a la descàrrega dels inodors i l'alimentació dels dos electrodomèstics de neteja. Tenint en compte només l'estalvi d'aigua, es dedueix que aquesta estratègia és viable. Ja que s'han obtingut estalvis d'aigua de més del 50%, el que representa un estalvi mensual de 7,51m³ al mes. L'aigua gris, més que un residu, s'hauria de considerar un recurs.
- La reutilització de l'aigua gris ha demostrat necessitar d'un sistema senzill que no requereix de personal tècnic especialitzat per al seu correcte control i manteniment. Una etapa de filtració, després de l'eliminació dels sòlids de major mida, seguida d'una desinfecció, són suficients per obtenir una aigua amb unes qualitats sanitàries òptimes. Tot i això, per tal de poder garantir aquesta qualitat, cal realitzar un seguiment de la mateixa.
- En quant a la viabilitat econòmica del sistema integrat d'estalvi, el període de retorn de la inversió inicial és, segons una perspectiva que inclou les pujades de preus anunciades, d'entre 30 i 35 anys. Aquestes dades podrien variar en gran mesura si es tinguessin en compte ajudes per part de l'administració. Les subvencions per als sistemes de reciclatge d'aigües grises ja estan implantades en altres municipis del territori com a Sant Cugat del Vallès, amb subvencions per a projectes semblants al nostre de 1.500€. Amb aquestes ajudes, la viabilitat d'un sistema com el nostre seria definitiva també des del punt de vista monetari, corroborant, juntament al gran estalvi d'aigua que comporta, que el sistema és una solució de futur.
- Tot i això, no s'ha d'oblidar que l'objectiu del nostre projecte va més enllà de l'econòmic. L'impacte ambiental que suposa un sistema com aquest és, sense cap mena de dubte, molt positiu. El rendiment d'un sistema de reutilització d'aigües grises i aprofitament d'aigües pluvials és, evidentment, major com major sigui l'edifici que l'implementa, però s'ha pogut veure com la solució continua sent més que factible per a petits cabals.

4. Possibles vies de millora.

El món de la depuració de les aigües, en quant a les aigües que es produeixen en un habitatge, està suficientment evolucionat per tal de poder generalitzar la implementació de projectes com nostre. Tot i això, a continuació es recullen un parell de millores que ajudarien, no a dur a terme un projecte com aquest, sinó que afectarien a l'hora d'estendre un sistema encarregat de reduir el consum d'aigua en l'àmbit domèstic:

- Una major conscienciació per part de l'administració cap a la ciutadania seria necessària per tal de poder fer veure a la població que la instal·lació d'un sistema que només aprofites les aigües grises podria ajudar a estalviar al voltant d'un 40% d'aigua per habitatge.
- Una major inversió per part de les administracions públiques cap a ajudes econòmiques com les realitzades a l'ajuntament de Sant Cugat del Vallès ajudaria a fer més atractiva una alternativa ja de per si interessant mediambientalment.

5. Webgrafia.

Moral, Cristina. (22 de març de 2015). *¿Cuántos litros de son necesarios por persona y día?*. Ferrovial Blog. <https://blog.ferrovial.com/es/2015/03/sabes-cuantos-litros-de-agua-necesita-una-persona-al-dia/>

Servei Meteorològic de Catalunya. Petició de dades. <http://www.meteo.cat/observacions/xema>

Macrotecnología de Procesos, S.A. *Filtros col·lectores de agua de lluvia*. <http://www.macrotecnologia.com/Productos/RecuperacionAguaLluvia.php>

Graf Ibérica. <http://www.grafiberica.com>

Rainwater Harvesting. <http://www.rainwaterharvesting.org>

Soluciones Hidropluviales. *Captación de agua de lluvia*. <http://hidropluviales.com/captacion-agua-de-lluvia/>

Biotanks. *Depósitos y Sistemas de Depuración*. <http://biotanks.es>

Riuvert. *Soluciones Sostenibles para el Agua*. <https://www.riuvert.es>

Tu&Co. *Grupo de presión superficie Natflow APS800i*. <https://www.tuandco.com/grupo-de-presion-superficie-natflow-aps800i>

Aigües de Barcelona. *Precios y Tarifas*. <http://www.aiguesdebarcelona.cat/facturadelaigua/es/precios-tarifas/>

Tarifa Luz Hora. *Precio de la Electricidad en Tiempo Real*. <https://tarifaluzhora.es>

6. Bibliografia.

Arahetes Hidalgo, Ana. (2015). *Reutilización y sostenibilidad: el aprovechamiento de las aguas grises y las aguas pluviales*. Universidad de Alicante.

Aqua España. (2016). *Guía Técnica de Aprovechamiento de Aguas Pluviales en Edificios*. NIF: G08942583.

Aqua España. (Novembre, 2011). *Guía Técnica Española de Recomendaciones para el Reciclaje de Aguas Grises en Edificios*.

Santa Cruz Astorqui, Jaime. (Setembre, 2007). *Viabilidad del Aprovechamiento de las Aguas Residuales Generadas en los Edificios*. Madrid.

Ministerio de la Presidencia. (8 de desembre de 2007). *Real Decreto 1620/2007*.

Cordero, Dani. (16 de març de 2013). *El precio del agua se dispara el 44% durante los peores años de la crisis*. Barcelona. Ediciones El País S.L.

Agència Catalana de l'Aigua. (Juliol de 2016). *El Precio del Ciclo del Agua en España y Europa en 2016*.

Ajuntament de Sant Cugat del Vallès. (2018). *Bases Específiques per a l'Atorgament de Subvencions Adreçades al Foment de Projectes, Activitats i Serveis d'Utilitat Pública i Interès Social durant l'any 2018*. Sant Cugat del Vallès.

La Vanguardia. (28 de desembre del 2017). *La ACA aprueba un incremento de la tarifa del agua de un 11,88%*. Barcelona.

Martín Vide, J. (1995). *La Pluviometría en Cataluña*. Universitat de Barcelona.



Índex d'annexos:

1. Plànols del model d'estudi.
2. Reial Decret 1620/2007.
3. Fitxa Tècnica Biotank Biogrey.