



Millora de la sostenibilitat en l'ús de l'aigua a l'espai públic municipal

Propostes per un Pla d'acció municipal



Amb la col·laboració de





Millora de la sostenibilitat en l'ús de l'aigua a l'espai públic municipal

Propostes per un Pla d'acció municipal



**Direcció:**

Domènec Cucurull

Coordinació tècnica:

Inma Pruna

Enric Coll

Redacció:

Enric Coll (Gerència de Serveis de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona)

Capítol 1 i 2: Jaume Margarit, Miriam Perozo, Begoña Alonso (Fundació AGBAR)

Capítol 3: Robert Savé, Felicidad de Herralde, Xavier Aranda i Carmen Biel (IRTA)

Col·laboració:

Lluís Alonso, David Casabona, Eulàlia Codinach, Fanny Lumbreras, Belinda Navas i Albert Sanz (Gerència de Serveis de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona)

Municipis membres del Grup de Treball sobre Recursos Hídrics de la Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat (2077-2011): Abrera, Badalona, Callús, Canyelles, Castellar del Vallès, Castelldefels, El Masnou, El Prat de Llobregat, Girona, Granollers, L'Hospitalet de Llobregat, Lleida, Manlleu, Mataró, Mollet del Vallès, Montcada i Reixac, Navàs, Òdena, Palafolls, Parets, Riudecanyes, Rubí, Sabadell, Sant Celoni, Sant Cugat del Vallès, Sta. Coloma de Gramanet, Sitges, Tagamanent, Tarragona, Terrassa, Torredembarra, Vallgorguina, Vic, Vilanova del Vallès, Consell Comarcal del Maresme, Entitat Metropolitana del Medi Ambient

Comissió permanent: Badalona, Consell Comarca del Maresme, Granollers, L'Hospitalet de Llobregat, El Masnou, Navàs, Santa Coloma de Gramanet, Sant Cugat del Vallès, Terrassa, Torredembarra, Vic.

Barcelona, setembre del 2012

Índex

ÍNDIX	5
PRESENTACIÓ	7
INTRODUCCIÓ	9
COM INTERPRETAR LES PROPOSTES D'AQUEST DOCUMENT ?	17
LES MILLORS TÈNIQUES DISPONIBLES	19
INTRODUCCIÓ	19
1 ESTUDI PER AL DESENVOLUPAMENT DE L'ÚS DE RECURSOS HÍDRICS ALTERNATIUS	21
1.1 CARACTERITZACIÓ DE LES DEMANDES LOCALS D'AIGUA NO POTABLE	22
1.1.1 <i>Identificació de les demandes municipals</i>	22
1.1.2 <i>Quantificació de les demandes d'aigua no potable</i>	23
1.2 CARACTERITZACIÓ DELS RECURSOS HÍDRICS ALTERNATIUS	27
1.2.1 <i>Aigües freàtiques</i>	28
1.2.2 <i>Aigües reutilitzades</i>	31
1.3 ANÀLISI DEL BALANÇ DE RECURSOS I DEMANDES MUNICIPALS	50
1.4 DEFINICIÓ DE LES POSSIBLES ACTUACIONS	52
1.4.1 <i>Optimització del procés d'urbanització: Construcció de la doble xarxa</i>	54
1.5 VALORACIÓ DE LES ACTUACIONS	62
1.5.1 <i>Criteris de valoració de les infraestructures</i>	62
1.6 ESTUDI DE LA GESTIÓ DELS SISTEMES D'APROFITAMENT	64
1.6.1 <i>Doble xarxa</i>	64
1.6.2 <i>Altres actuacions</i>	70
1.7 APLICACIÓ D'ORDENANCES PER A L'ESTALVI D'AIGUA	72
EXEMPLES D'EXPERIÈNCIES DE LA DOBLE XARXA:	75
EXEMPLES D'EXPERIÈNCIES DE LA DOBLE XARXA:	77
1. APROFITAMENT D'AIGÜES FREÀTIQUES	77
2. APROFITAMENT D'AIGÜES REGENERADES	79
3. RECÀRREGA D'AQUÍFERS AMB AIGÜES REGENERADES	84
4. DIPÒSITS D'AIGÜES PLUVIALS	85
5. DIPÒSITS D'AIGÜES GRISES	87
6. EXEMPLES DE VALORACIÓ D'ACTUACIONS MUNICIPALS	90
2 MILLORA DE L'EFICIÈNCIA DE LES XARXES D'ABASTAMENT URBÀ	93
2.1 REDACCIÓ DE PLANS DIRECTORS D'ABASTAMENT MUNICIPAL	94
2.2 GESTIÓ DE LES INFRAESTRUCTURES	97
2.2.1 <i>Anàlisi general de les infraestructures</i>	100
2.2.2 <i>Auditoria bàsica de la xarxa de distribució</i>	101
2.2.3 <i>Instal·lació de comptadors en alta</i>	101
2.3 TELECONTROL DE LES INFRAESTRUCTURES	102



2.3.1	<i>Sectorització i actuadors automàtics</i>	103
2.4	MICROSECTORITZACIÓ I CONTROL DEL CABAL MÍNIM	105
2.5	SISTEMES DE PRELOCALITZACIÓ I DETECCIÓ DE FUITES	107
2.6	TELELECTURA: INFORMACIÓ ON-LINE DE CADA CONSUM	109
2.7	GESTIÓ DEL PARC DE COMPTADORS	113
2.8	REALITZACIÓ D'AUDITORIES DE CONSUM MUNICIPAL	114
2.9	ELIMINACIÓ D'AFORAMENTS ALS MUNICIPIS QUE ENCARA EN TENEN	115
2.10	PROPOSTES PER L'ELABORACIÓ D'UN REGLAMENT DEL SERVEI D'ABASTAMENT D'AIGUA POTABLE	119

EXEMPLES D'EXPERIÈNCIES DE MILLORA DE L'EFICIÈNCIA DE LES XARXES D'ABASTAMENT URBÀ

123

1.	INSTAL·LACIÓ DE COMPTADORS EN ALTA	123
2.	TELECONTROL	124
3.	MICROSECTORITZACIÓ	126
4.	DETECCIÓ DE FUITES	127
5.	TELELECTURA	129
6.	GESTIÓ DEL PARC DE COMPTADORS	130
7.	ECOAUDITORIES	131

3 MILLORA DE LA GESTIÓ DE L'AIGUA ALS ESPAIS PÚBLICS ENJARDINATS

133

3.1	INTRODUCCIÓ	133
3.2	EL VECTOR AIGUA	142
3.2.1	<i>Manca emmagatzematge aigua</i>	143
3.2.2	<i>Mètodes de càlcul de les necessitats hídriques dels jardins</i>	149
3.2.3	<i>Cas concret de càlcul de les necessitats d'aigua en zones enjardinades</i>	151
3.2.4	<i>Avaluació de la gestió actual de l'aigua en el reg de zones verdes municipals</i>	155
3.3	EL SÒL	157
3.3.1	<i>Disponibilitat de sòl</i>	158
3.3.2	<i>Compactació del sòl</i>	159
3.3.3	<i>Fertilitat mineral i biològica del sòl</i>	160
3.4	SUBSTRATS, ENCOIXINATS I JARDINERES	161
3.4.1	<i>Jardineres</i>	162
3.5	VEGETACIÓ	163
3.5.1	<i>Funcionalitat del verd</i>	163
3.5.2	<i>Selecció d'espècies segons diferents criteris</i>	165
3.6	CONCLUSIONS	167
3.7	PER SABER-NE MÉS: BIBLIOGRAFIA	169

Presentació

L'aigua l'hem d'estalviar quan en tenim. Aquesta és una idea que cap responsable municipal en l'àmbit de la gestió del cicle local de l'aigua hauria d'oblidar mai. L'aigua és un recurs limitat i, en un entorn mediterrani com el nostre, en disposem de forma irregular i restem sotmesos a cicles més o menys periòdics de sequeres.

De l'experiència tots n'hem après, però especialment el món local: les restriccions i conseqüències de la darrera sequera important i persistent ens van fer adonar, o recordar de nou, la importància del recurs i, sobretot, de planificar i prendre mesures amb temps.

Justament ara que no ens trobem en una situació greu de disponibilitat del recurs és quan l'estalvi i la preparació agafen importància. N'és un bon exemple la creació i manteniment de dobles xarxes d'aigua no potable: durant èpoques en que no ens manca l'aigua ens ajuden a estalviar recursos d'aigua potable, i en situacions d'escassetat són l'alternativa a les possibles restriccions d'aigua potable per a determinats usos.

En aquest sentit, la **Diputació de Barcelona** té una llarga tradició en el suport als municipis per tal d'impulsar actuacions per un ús eficient de l'aigua. En el context econòmic actual tant dels ens locals com de les empreses, es fa més necessari que mai donar suport als municipis per promoure la millora dels serveis públics ambientals i generar oportunitats de finançament, estalvi i eficiència en la gestió econòmica ambiental municipal.

En base a aquest convenciment, des de l'any 2009 la Diputació de Barcelona i la **Fundació AGBAR** col·laboren per impulsar l'ús sostenible de l'aigua als municipis de Barcelona.

El document que teniu davant vostre és un exemple d'aquesta col·laboració, en el marc de la Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat, i té com a objectiu exposar als ens locals possibles tecnologies, eines i experiències locals per promoure un ús eficient de l'aigua a l'espai públic municipal – des dels equipaments municipals, als parcs i jardins –, tant en termes ambientals com també econòmics i socials.

El volum recull les millores tècniques disponibles i exemples d'experiències locals d'aplicació sobre la reutilització de recursos hídrics no potables, la millora de l'eficiència de les xarxes d'abastament urbà i la millora de la gestió de l'aigua als espais públics enjardinats

I en tot cas, no es preten que els ens locals implantin totes les possibles propostes presentades, ans al contrari, es vol exposar l'ampli ventall de possibilitats per tal que els municipis elaborin el seu propi *Pla d'acció municipal d'ús eficient de l'aigua en l'espai públic*.

Joan Puigdollers i Fargas

President de la Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat

*Diputat delegat d'Espais Naturals i Medi Ambient
de la Diputació de Barcelona*



Introducció

Antecedents

L'accés a l'aigua potable i al sanejament és un dret bàsic per al ple gaudi de la vida i per a tots els éssers humans¹.

L'aigua exerceix un paper essencial per a la vida, per a la preservació de la salut pública i per a la lluita contra la pobresa.

En aquest sentit, el nivell local exerceix un paper cada vegada més important en relació als serveis de subministrament i de sanejament de l'aigua – més enllà del marc legal bàsic fixa't a la Llei de bases de règim local i la normativa bàsica sobre aigües espanyola - ², i el canvi climàtic impactarà sobre tots els aspectes del cicle de l'aigua, també a una escala local, els quals afectaran a la ciutadania i al medi: es notará més l'escassetat de l'aigua; creixeran els fenòmens extrems - com les inundacions i les sequeres -; augmentaran el nivell del mar i les temperatures; es veurà afectada la recàrrega dels aquífers; i canviaran els cicles de precipitació i els règims dels rius. Els treballs de modelització desenvolupats per l'Agència Catalana de l'Aigua estimen una reducció d'aportacions mitjanes del 5% en l'horitzó 2027, acompanyada d'un increment de la variabilitat estacional i interanual. ³

La gestió dels recursos hídrics a nivell local i regional, doncs, pot ser una eina per a adaptar-se a les transformacions globals i també per ajudar a la mitigació del canvi climàtic.

La Directiva 2000/60/CE del Parlament Europeu i del Consell, coneguda com a **Directiva marc de l'aigua (DMA)**, estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política de l'aigua, configurant la planificació hidrològica com el principal instrument per tal d'assolir els objectius de protecció i millora de l'estat dels recursos hídrics en quantitat i qualitat, així com la millora dels ecosistemes hídrics associats i la promoció de l'ús sostenible de l'aigua. ⁴

La finalitat del planificació hidrològica és garantir la satisfacció de la demanda i, alhora, protegir l'entorn i fer prevaldre la sostenibilitat ambiental, econòmica i social,

¹ Reconeixement fet per les Nacions Unides en la seva **Ressolució de l'ONU sobre el dret humà a l'aigua i al sanejament** aprovada el 28 de juliol del 2010. També es reconeix en la Declaració dels Governos Locals i regionals en el **Pacte d'Istanbul sobre l'aigua** de març del 2009 en el marc del Fòrum Mundial de l'Aigua (<http://www.worldwaterforum5.org/>.)

² Per a consultar tota la informació sobre la legislació sobre l'aigua podeu consultar: <http://bit.ly/qCRR1>

³ Pla de gestió del districte de conca fluvial de Catalunya. ACA. 2010.

⁴ Directiva Marc de l'Aigua: http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html



així com la racionalitat en l'ús dels recursos hídrics. És així com cal fer compatibles els objectius de qualitat ambiental (bon estat del medi natural aquàtic) amb la garantia del recurs per als diferents usos que fem de l'aigua.

La situació actual de la gestió del cicle de l'aigua es pot resumir en que la demanda d'aigua a Catalunya és de 2.965 Hm³/any ³, amb una distribució per usos que és força diferent a banda i banda de la divisòria hidrogràfica. A les conques internes – que inclou plenament l'àmbit de la província de Barcelona, a part d'altres comarques catalanes - és on els recursos són més escassos i predominen els usos urbans i industrials.

Els nostres recursos hídrics són, doncs, molt variables, propis d'un clima mediterrani.

Malgrat que les aigües superficials són la principal font de proveïment, les aigües subterrànies tenen també una importància estratègica com a reserva davant de sequeres i garanteixen l'abastament de moltes poblacions rurals que no disposen de connexions a xarxes supramunicipals. Cal recordar que a les conques internes s'han enregistrat diversos períodes d'intensa sequera, els pitjors dels quals van succeir en els anys 1945 i 2008. ³

El sistema Ter-Llobregat, el majoritari de la província de Barcelona, és el més deficitari. Tant els abastaments com els regs presenten garanties insuficients.

La planificació hidrològica també té àmbits de potencial aplicació a escala local:

1. Les solucions basades en la **tecnologia**: la reutilització, per substituir una part de l'aigua que ara utilitzen les indústries i els regadius – inclosos per exemple els regs de parcs i jardins -; i en segon lloc, recarregar els aqüífers, millorant-ne l'estat i incrementant les possibilitats d'extracció durant els episodis de sequera; o la recuperació d'aqüífers per tornar a explotar pous abandonats.
2. Les actuacions per millorar **l'eficiència** en l'ús de l'aigua: la gestió de la demanda urbana; la modernització de regadius – que pot tenir aplicacions a menor escala en regs municipals -; o la millora contínua de les xarxes de distribució a través de l'elaboració dels Plans directors d'abastament local.
3. La millora dels sistemes d'abastament per oferir una **nova garantia** de subministrament: i la **gestió integrada** dels recursos.

Segons dades de la pròpia Agència Catalana de l'Aigua, el potencial d'estalvi d'aigua a través d'una major eficiència en els usos dels recursos superficials i subterranis convencionals pot arribar als 38 Hm³/any; el potencial d'estalvi per reutilització dels efluentes de les aigües residuals generats al sector industrial podria arribar a 17

Hm3/any; i el potencial d'estalvi de reutilització dels efluenters d'estacions depuradores (EDAR) públiques es pot aproximar als 21 Hm3/any.

La **Diputació de Barcelona** també té una llarga tradició en el suport als municipis per tal d'impulsar actuacions per un ús eficient de l'aigua amb el suport a la redacció de Plans directors d'abastament i clavegueram, servei de control de fuites, suport a Plans d'acció municipal, difusió del model d'Ordenança d'estalvi d'aigua de la Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat, suport a campanyes d'estalvi d'aigua, a l'ús eficient de l'aigua en parcs i jardins, estudis hidrogeològics, etc.; o en l'àmbit de la salut pública el suport als controls sanitaris de les aigües de consum humà.

En el context econòmic actual tant dels ens locals com de les empreses, es fa més necessari que mai donar **suport als municipis** per promoure la **millora dels serveis públics ambientals** i generar oportunitats de finançament, estalvi i eficiència en la **gestió econòmica ambiental municipal**.

En el marc d'aquest suport de la Diputació de Barcelona, el juny del 2009 la **Fundació AGBAR** i la pròpia **Diputació de Barcelona** van signar un conveni de col·laboració per **impulsar l'ús sostenible de l'aigua** als municipis de Barcelona.

El conveni vol afavorir la implantació de mesures que afavoreixen l'ús sostenible de l'aigua als municipis de Barcelona que així ho vulguin i fixa diversos àmbits principals d'actuació: la millora de la sostenibilitat en l'ús de l'aigua a l'espai públic municipal; l'aplicació de la Directiva marc de l'aigua a un tram urbà d'un curs fluvial; i la redacció d'un manual prototípic d'operació d'un servei municipal d'aigua.



Objectius

Fruit d'aquest conveni entre la Diputació de Barcelona i la Fundació AGBAR, i en el marc del treball en el marc de la Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat, es presenta aquest document:

Millora de la sostenibilitat en l'ús de l'aigua a l'espai públic municipal - Propostes per un Pla d'acció municipal.

L'objectiu del projecte és definir un model del cicle urbà de l'aigua a l'espai públic a fi i efecte d'orientar-lo clarament cap unes condicions de major sostenibilitat – ambiental, econòmica i social- i elaborar una proposta de Pla d'acció municipal.

Així s'identifiquen tres línies de treball prioritàries pels municipis:

- 1. La reutilització de recursos hídrics no potables:** àmbit que inclou propostes sobre la identificació de recursos hídrics alternatius a l'ús de l'aigua potable pel manteniment de l'espai públic, l'aprofitament de recursos hídrics per una segona xarxa, l'anàlisi de la viabilitat per a la implantació d'una doble xarxa, la utilització de tecnologies de valorització i tractament d'aigües per una segona xarxa, o l'establiment d'ordenances municipals per condicionar aquestes instal·lacions en nous desenvolupaments urbanístics
- 2. La millora de l'eficiència de les xarxes d'abastament urbà:** àmbit que inclou propostes sobre la utilització de sistemes experts en la gestió de la xarxa, sobre el manteniment en bones condicions de les dues xarxes, establiment de sistemes de detecció de fuites, utilització de comptadors de digitals, realització d'auditories de consum i comptabilitat acurada de consums, o ajuts a l'eliminació d'aforaments.
- 3. La millora de la gestió de l'aigua als espais públics enjardinats:** que inclou propostes d'acció sobre l'establiment de criteris de xerojardineria, la gestió telecomandada i l'increment de l'eficiència del reg a l'espai públic i l'impuls a l'ús eficient de l'aigua a les instal·lacions esportives.



Activitats complementàries al document

Per recopilar la informació necessària per redactar aquest document i promoure els objectius de suport municipal que preveu el conveni esmenat, s'ha desenvolupat un procés paral·lel a la redacció d'aquest document a través del **Grup de treball de gestió de recursos hídrics de la Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat (2007-2011)**.

La Xarxa és una associació de municipis compromesos amb el medi ambient per avançar cap a un desenvolupament sostenible. Fou creada el 16 de juliol de 1997 en l'assemblea constitutiva que va tenir lloc a Manresa, on 118 municipis van formalitzar la seva adhesió, i actualment, amb més de 250 ens locals associats, constitueix una plataforma de cooperació i intercanvi on els municipis troben un marc adequat per discutir els seus problemes, les seves inquietuds, les seves necessitats, les seves experiències, i promoure i dur a terme projectes d'interès comú.

En aquest darrer mandat el Grup de treball de gestió de recursos hídrics, a través de la seva Comissió permanent, va decidir vincular-se al treball del conveni. Fruit d'aquesta vinculació s'han desenvolupat les següents activitats:

Activitat	Data	Horari	Lloc	Assistents
2009				
Seminari d'intercanvi d'experiències sobre reaprofitament d'aigua i dobles xarxes	19 novembre	9 a 14h	Barcelona	26
2010				
Jornada "Instruments de la Xarxa per a la millora de la gestió de l'abastament urbà d'aigua: Presentació de la Guia municipal per a l'elaboració de tarifes d'abastament d'aigua"	18 març	9 a 13h	Barcelona	44
Seminari d'intercanvi d'experiències sobre millors tècniques disponibles per la millora de la gestió de l'aigua al verd urbà	21 juny	9 a 14h	Barcelona	38
1a jornada aprofundiment reaprofitament aigües i dobles xarxes: Planificació i criteris tècnics	13 juliol	9 a 14h	Barcelona	51
2a jornada del Cicle sobre aprofitament d'aigua no potable i dobles xarxes: Aprofitament local de les aigües freàtiques.	18 novembre	9 a 14h	Barcelona	63
2011				
3a jornada del Cicle sobre aprofitament d'aigua no potable i dobles xarxes: Telegestió i telecontrol. De la doble xarxa al reg d'espais verds.	17 febrer	9 a 14h	Barcelona	60
4a jornada del Cicle sobre aprofitament d'aigua no potable i dobles xarxes: Mecanismes d'estalvi i reaprofitament en edificis	15 juny	9 a 14h	Barcelona	54



Font: Xarxa

Podeu consultar els resultats i continguts de totes les activitats tant a la web de la Xarxa – apartat sobre jornades: <http://www.diba.cat/web/xarxasost/matejorn> , com al canal de vídeos de la Xarxa: <http://www.youtube.com/xarxasost> .

A part d'aquestes activitats, s'han realitzat contactes i entrevistes amb responsables electes i tècnics de municipis membres de la Xarxa per recopilar les millors tècniques disponibles per a l'ús i la gestió sostenible de l'aigua en l'espai públic municipal.

Pels capítols sobre la reutilització de recursos hídrics no potables i la millora de l'eficiència de les xarxes d'abastament urbà, s'ha comptat amb el suport tècnic de la consultoria Aqualogy Aqua Ambiente.

Pel capítol sobre la millora de la gestió de l'aigua als espais públics enjardinats s'ha comptat amb el suport tècnic del grup de recerca de l'IRTA.



Com interpretar les propostes d'aquest document ?

Una **millor gestió de la demanda de recursos hídrics** - que inclou un ús més sostenible de l'aigua en l'espai públic municipal, així com l'aprofitament de recursos hídrics alternatius per part dels municipis - poden ser actuacions molt útils i necessàries per afrontar els reptes en l'àmbit del cicle de l'aigua en termes de **millora de la gestió i finançament dels serveis públics ambientals**, a curt termini, i d'**adaptació al canvi**, a mig i llarg termini.

Per afrontar aquests reptes, s'ha cregut oportú oferir al món local aquest document per tal de guiar als usuaris a l'hora d'elaborar un **Pla d'Acció municipal per una gestió sostenible de l'aigua en l'espai públic municipal**.

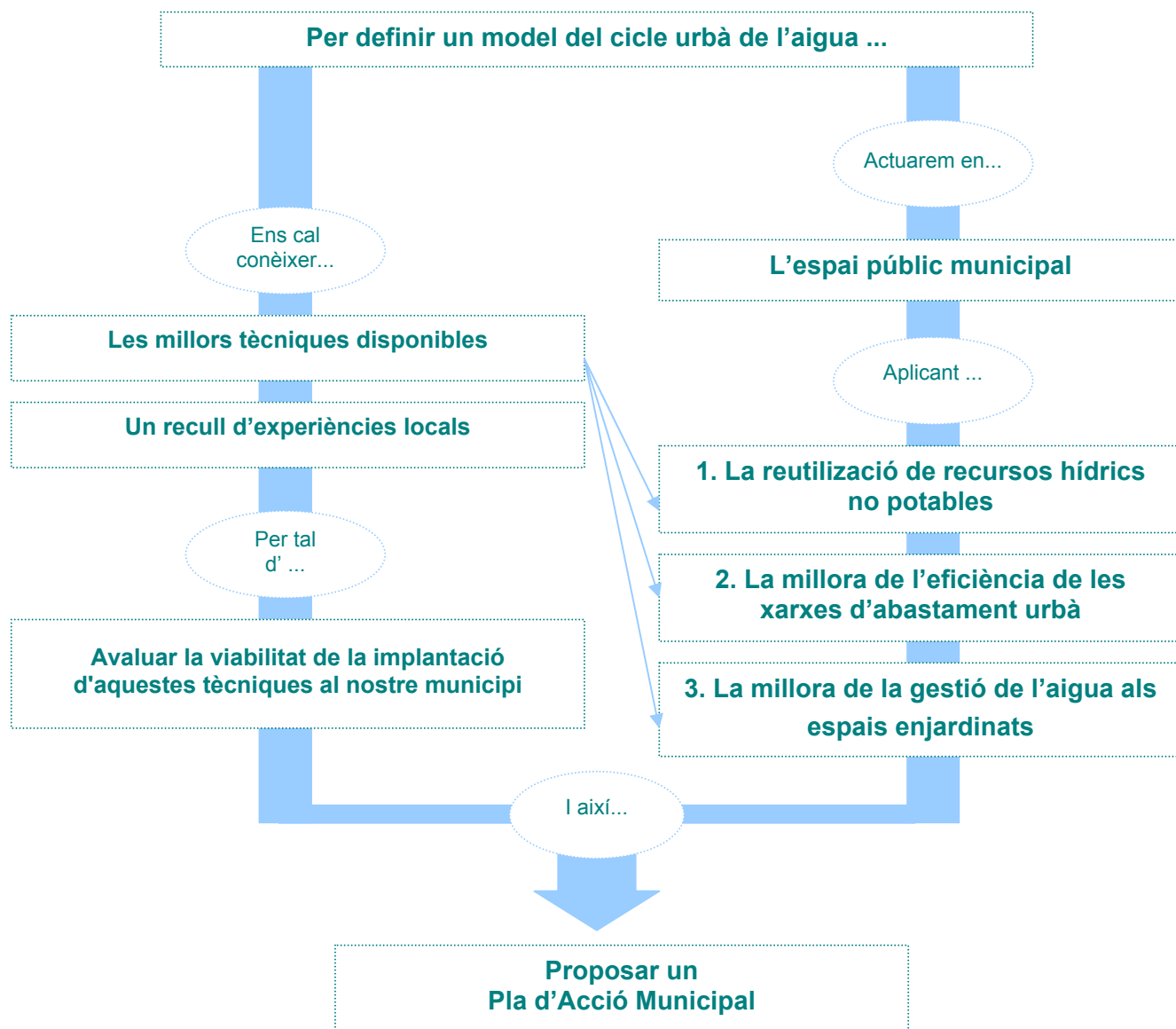
Aquest plantejament s'emmarca en la tradició de la Gerència de Serveis de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona de suport a la planificació vers un desenvolupament sostenible a través de les Agendes 21 Locals. Per tant, la proposta de Pla d'Acció seria una línia estratègica pròpia de l'**Agenda 21 Local del municipi**, amb coherència amb la resta de Plans i amb caràcter específic i diferenciat.

Les actuacions d'aquest Pla d'acció es divideixen en tres línies prioritàries⁵:

- 1. La reutilització de recursos hídrics no potables**
- 2. La millora de l'eficiència de les xarxes d'abastament urbà**
- 3. La millora de la gestió de l'aigua als espais públics enjardinats**

El document s'estructura conjuntament en: una primera part on es recullen de forma sintètica **les millors tècniques disponibles** en les línies prioritàries de treball, amb l'objectiu d'identificar les opcions i possibilitats per part dels municipis per millorar la sostenibilitat en l'ús i gestió de l'aigua a l'espai públic municipal.

Posteriorment, es recopilen en el **Recull d'experiències locals**, un seguit d'actuacions municipals considerades bons exemples de les millors tècniques disponibles proposades. S'ha prioritzat la presentació de bones experiències en l'àmbit propi de la província de Barcelona per tal d'acostar les millors tècniques disponibles a la realitat territorial dels municipis barcelonins.



LES MILLORS TÈCNIQUES DISPONIBLES

Introducció

El sistema d'abastament d'aigua a l'Àrea Metropolitana de Barcelona i, per extensió, a tota la província de Barcelona, és en la seva configuració actual vulnerable i insegur, tal com ho demostren les crisis a les quals es veu sotmès periòdicament el sistema, la darrera de les quals va tenir lloc durant els anys 2007-2008.

Per tant, en un context d'escassetat de recursos hídrics, amb l'amenaça addicional d'una disminució d'aquests pels efectes del canvi climàtic, i amb l'objectiu de complir amb els criteris establerts a la Directiva Marc de l

'Aigua, neix la idea d'implantar una sèrie de mesures d'estalvi d'aigua dins de l'àmbit municipal sempre amb l'objectiu de fer una bona gestió i ús sostenible de l'aigua que permeti millorar la garantia de subministrament i reduir la pressió sobre el medi.

El treball que es planteja en aquest primer capítol sobre *Les millors tècniques disponibles*, té com a objectiu avançar en aquestes mesures, i defineix les següents línies prioritàries de treball:

- 1. La utilització de recursos hídrics no potables,**
- 2. La millora de l'eficiència de les xarxes d'abastament urbà,**
- 3. La millora de la gestió de l'aigua als espais públics enjardinats.**

Aquestes mesures d'estalvi d'aigua es desenvoluparan dins de l'àmbit municipal.

Per exemple, una d'aquestes actuacions encaminades a l'estalvi d'aigua és l'aprofitament dels recursos d'aigües freàtiques mitjançant la construcció d'una xarxa d'aigua no potable (doble xarxa).

Un altre recurs hídric important és l'aprofitament de les aigües residuals regenerades que permetrien satisfer demandes que no tinguin els requeriments de l'aigua potable. El *Real Decreto 1620/2007 que establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas*, va regular la utilització d'aquestes aigües i, per tant, va definir un marc legal per aquest tipus d'aprofitaments.

Respecte a les millores a la xarxa d'abastament els ajuntaments inverteixen més diners en millorar l'eficiència de la seva xarxa de distribució i la instal·lació de mesures de telecontrol en les seves infraestructures. A més, els interessa aplicar millores en els seus sistemes de quantificació del consum d'aigua potable amb la implantació, per exemple, de comptador digitals.



Quelcom semblant succeeix amb la gestió de les zones públiques enjardinades que a partir de les restriccions dels Decrets de sequera -, i sobre tot en els últims anys, es va proposar des dels ajuntaments l'elaboració d'un pla de gestió de l'aigua als seus espais públics enjardinats utilitzant les ultimes tecnologies disponibles per millorar la xarxa de reg.

Aquest capítol, doncs, recull idees i experiències de mesures per poder aplicar a nivell municipal amb la finalitat de desenvolupar una eina d'ús on es puguin consultar i compartir les experiències entre els diferents ajuntaments. A més, aquesta documentació pot servir de guia o model d'actuacions d'estalvi d'aigua a planificar en el marc d'un Pla d'acció municipal que inclogui la millora de l'eficiència o utilització de recursos alternatius a ajuntaments interessats que encara no hagin desenvolupat cap actuació o municipis que ja han iniciat aquest camí.

Amb totes les experiències recollides en els ajuntaments s'han confeccionat unes fitxes de bones pràctiques. Aquestes fitxes són una eina de gran utilitat a l'hora de conèixer més sobre els inconvenients, dificultats, metodologia... empleada en els diferents municipis.

L'objectiu del present capítol es basa en realitzar un model del cicle urbà de l'aigua a l'espai públic a fi i efecte d'orientar-lo clarament cap unes condicions de major sostenibilitat a nivell municipal.

1 Estudi per al desenvolupament de l'ús de recursos hídrics alternatius

Des de fa uns anys a la província de Barcelona s'han dut a terme nombroses iniciatives per l'aprofitament dels recursos d'aigua alternatius disponibles en el territori. La major part d'aquestes iniciatives han consistit en la captació d'aigües freàtiques per a la seva distribució en dobles xarxes per al reg de zones verdes.

Alhora en una sèrie de municipis com Badalona, Santa Coloma de Gramanet, Sant Adrià del Besòs, Cerdanyola, Sant Cugat del Vallès, L'Hospitalet de Llobregat, Cornellà de Llobregat, Sant Just Desvern, Sant Boi de Llobregat, Viladecans, Gavà, Alella, Granollers, Montornès del Vallès, Mataró i Vilanova del Vallès, entre altres s'han dut a terme altres actuacions d'aprofitament de recurs hídrics no potables. Aquestes actuacions han estat iniciativa dels ajuntaments respectius, en alguns casos seguint els criteris definits en un Pla director i en d'altres s'han executat com actuacions aïllades.

A continuació es descriuran els criteris de treball necessaris per poder desenvolupar aquests tipus d'actuacions a nivell municipal, facilitant les nocions bàsiques per desenvolupar un **Pla d'aprofitament de recursos hídrics no potables**.



1.1 Caracterització de les demandes locals d'aigua no potable

El coneixement de la demanda en un municipi és vital per poder dimensionar les infraestructures i calcular els costos d'inversió per l'aprofitament d'aigües no potables. Els aspectes tècnics a l'hora de caracteritzar la demanda depenen de l'ús final de l'aigua (reg de parcs i jardins, neteja de carrer i/o clavegueram,...).

L'estudi de la demanda considerada es centra, doncs, en demandes d'aigua de caràcter municipal que no requereixin una qualitat d'aigua potable.

La caracterització de les demandes d'aigua no potable s'ha de fer amb molt detall, primerament s'identificaran les demandes existents i futures, i a continuació es farà la seva quantificació.

Els Ajuntaments haurien de desenvolupar un inventari, els més detallat possible, de totes les seves demandes (parcs, jardins, camps de futbol,...) actuals i futures. Tot això, serà la base per desenvolupar les actuacions que siguin viables, sempre que el balanç, respecte els recurs potencials existents, sigui positiu.

1.1.1 Identificació de les demandes municipals

El primer pas per caracteritzar les demandes és identificar els punts de consum.

Les **demandes d'aigua no potable municipals** a satisfer són habitualment el reg de parcs i jardins així com la neteja de carrers i clavegueram.

En alguns municipis apareixen altres demandes com poden ser el reg de zones esportives, el reg d'horts lúdics o altres usos com la neteja de trens, neteja de dipòsits anti DSU⁶ o els projectes de millora ambiental (recuperació zones humides,...). Per aquest estudi en particular, no s'han considerat les possibles demandes industrials.

De cara a la estandardització de les demandes identificades dintre de cada municipi, dins el concepte de *reg de parcs i jardins* s'inclouen el reg de totes les zones verdes (parcs, jardins, instal·lacions esportives, horts lúdics, etc.) i dins del concepte de *neteja de carrers* s'inclouen totes les demandes relacionades amb aquest tipus de consum (neteja de: carrers, clavegueram, contenidors, etc.).

⁶ DSU: descàrrega sistema unitari. Són dipòsit de tempesta o per la regulació de la làmina d'aigua

1.1.2 Quantificació de les demandes d'aigua no potable

Un cop identificades les demandes cal quantificar-les.

Per calcular les demandes per al **reg de parcs i jardins** de cada municipi s'ha de fer una tasca de reconeixement del territori per a inventariar tots aquells parcs, jardins i altres zones verdes que requereixen reg.

S'han de considerar totes aquelles zones verdes que suposen una demanda representativa, per exemple a l'estudi de l'Entitat Metropolitana de Barcelona es va considerar 2000 m³ com un valor mínim de referència per caracteritzar les zones verdes. A més, s'han de tenir en compte els parcs i places de poca superfície quan aquests estiguin pròxims als punts de captació del recurs o a les infraestructures (no hi ha una distància mínima establerta, però s'entén com pròxims totes aquelles àrees que es troben al voltant dels punts d'aigua per aprofitar).

A més, a l'hora de quantificar les demandes és important considerar tant les demandes existents com aquells possibles increments de la demanda previstos per els mesos d'estiu o dins del planejament urbanístic dins d'un horitzó futur de 10 a 20 anys.

En la següent taula es resumeixen els principals paràmetres per avaluar depenent del tipus de demanda i d'ús:

Taula 1: Quadre resum de la caracterització de les demandes. Font: Elaboració pròpia

Tipus de demanda	Tipus d'ús	Demanda anual (m3/any)	Demanda diària punta (m3/dia)	Qualitat de l'aigua
Demanda municipal	Reg públic urbà	*	**	RD 1620/2007 1.2 (a)
	Reg de zones esportives públiques	*	**	RD 1620/2007 1.2 (a)
	Neteja de carrers i clavegueram	*	**	RD 1620/2007 1.2 (b)
	Reg d'hortos públics	*	**	RD 1620/2007 1.2 (a)
	Altres usos	*	**	RD 1620/2007 1.2 (c) (d)
Demanda privada	Usos privats: reg de jardins, zones esportives	*	**	RD 1620/2007 1.1 (a)

* Dades a emplenar per l'Ajuntament

**Dades a emplenar per l'Ajuntament



El reg de parcs i jardins municipals presenta la necessitat d'una xarxa de distribució segregada de la xarxa de distribució d'aigua potable, que en la majoria dels municipis és inexistent en l'actualitat i que, per tant, pot presentar un cost molt elevat si es pretén cobrir la totalitat de la demanda.

No obstant, pot resultar en alguns casos més senzilla l'execució d'una xarxa parcial que serveixi les zones amb un consum més elevat i/o més pròximes als punts de lliurament.

Per això, es consideren i quantifiquen, d'una banda, la totalitat de les demandes actuals i futures, considerant-se aquest valor com un sostre màxim.

En el cas de no disposar d'informació municipal dels consums (comptadors) de les àrees verdes, la quantificació de reg d'aquestes zones verdes es podria estimar en base a la:

- Superfície de l'àrea verda a regar
- Característiques del sòl, el tipus de plantes i el nombre d'arbres
- Meteorologia i clima de la zona

Respecte la **neteja de carrers**, es tracta d'una demanda que no requereix de xarxes de distribució addicionals. En general, n'hi ha prou amb disposar d'un o dos punts de càrrega en la xarxa de distribució dels parcs i jardins.

Les demandes per a aquests usos s'han calculat d'acord amb el consum destinat a la càrrega de camions cisterna. Aquest consum necessari dependrà de la grandària del nucli urbà del municipi.

Respecte el **reg d'hortos públics**, s'han d'identificar i quantificar el nombre d'hortos públics existents dins de l'àmbit municipal i després passar a dimensionar el seu consum.

En aquest cas, es requereix d'una xarxa de distribució que dependrà de la grandària i nombre dels horts a regar. Normalment, el recurs es localitza a prop d'aquests punts de demanda, per tant, aquesta xarxa de reg acostuma a ser senzilla amb un pou i una xarxa que s'abasteixi d'ell. Normalment, aquests sistemes no requereixen de cap bassa, excepte en zones de gran extensió de reg.

Per últim, per a **altres usos** com per exemple la neteja de dipòsits anti DSU, neteja de trens... alguns municipis utilitzen l'aigua de hidrants i/o punts de reg existents a la xarxa d'aigua no potable, o mitjançant cisternes d'aigua. En aquest cas i per aquests exemples, es quantifica la demanda segons la mida dels dipòsits o segons el nombre de trens a netejar.

Per a cadascun dels usos considerats s'estableixen uns **requeriments mínims de qualitat des del punt de vista sanitari**, així com la metodologia i freqüència de mostreig per a cada cas.

La qualitat de l'aigua no potable no requereix complir els mateixos paràmetres exigits per a l'aigua potable, però els processos de tractament dependran tant de l'origen d'aquesta aigua com del seu ús.

D'acord amb el Reial Decret 1620 / 2007, existeixen 5 tipus d'usos susceptibles de ser satisfets amb aigües regenerades:

- 1. Usos urbans**
- 2. Ús agrari**
- 3. Usos industrials.**
- 4. Usos recreatius**
- 5. Usos mediambientals.**

Per tant, l'objectiu d'aquesta caracterització és realitzar una bona planificació dels recursos hídrics alternatius. Per això, es considera imprescindible que cada ajuntament conegui o estudiï els seus consums, les seves demandes, les seves necessitats, els seus possibles usos i per quin període de temps es planteja la aquesta planificació.

D'aquesta manera serà més factible poder dur a terme una gestió sostenible d'aquests recursos.



Taula 2: Característiques del Real Decret 1620/2007 per els diferents usos.

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES ¹	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
1.- USOS URBANOS					
CALIDAD 1.1: RESIDENCIAL ² a) Riego de jardines privados. ³ b) Descarga de aparatos sanitarios. ³	1 huevo/10 L	0 (UFC ⁴ /100 mL)	10 mg/L	2 UNT ⁵	OTROS CONTAMINANTES ⁶ contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas ⁷ deberá asegurarse el respeto de las NCAs. ⁸ <i>Legionella</i> spp. 100 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización)
CALIDAD 1.2: SERVICIOS a) Riego de zonas verdes urbanas (parques, campos deportivos y similares). ⁹ b) Baldeo de calles. ⁹ c) Sistemas contra incendios. ⁹ d) Lavado industrial de vehículos. ⁹	1 huevo/10 L	200 UFC/100 mL	20 mg/L	10 UNT	

¹ Considerar en todos los grupos de calidad al menos los géneros: *Ancylostoma*, *Trichouris* y *Ascaris*.

² Deben someterse a controles que aseguren el correcto mantenimiento de las instalaciones.

³ Su autorización estará condicionada a la obligatoriedad de la presencia doble circuito señalizado en todos sus tramos hasta el punto de uso.

⁴ Unidades Formadoras de Colonias.

⁵ Unidades Nefelométricas de Turbiedad.

⁶ ver el Anexo II del RD 849/1986, de 11 de abril.

⁷ ver Anexo IV del RD 907/2007, de 6 de julio.

⁸ Norma de calidad ambiental ver el artículo 245.5, a del RD 849/1986, de 11 de abril, modificado por el RD 606/2003 de 23 de mayo.

⁹ Cuando exista un uso con posibilidad de aerosolización del agua, es imprescindible seguir las condiciones de uso que se señale, para cada caso, la autoridad sanitaria, sin las cuales, esos usos no serán autorizados.

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
4.- USOS RECREATIVOS					
CALIDAD 4.1 ¹ a) Riego de campos de golf.	1 huevo/10 L	200 UFC/100 mL	20 mg/L	10 UNT	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. Si el riego se aplica directamente a la zona del suelo (goteo, microaspersión) se fijan los criterios del grupo de Calidad 2.3 <i>Legionella</i> spp. 100 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización)
CALIDAD 4.2 a) Estanques, masas de agua y caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el acceso del público al agua.	No se fija límite	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite	

USO DEL AGUA PREVISTO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (VMA)				
	NEMATODOS INTESTINALES	ESCHERICHIA COLI	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TURBIDEZ	OTROS CRITERIOS
5.- USOS AMBIENTALES					
CALIDAD 5.1 a) Recarga de acuíferos por percolación localizada a través del terreno.	No se fija límite	1.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite	N _T ¹ : 10 mg N/L NO ₃ : 25 mg NO ₃ /L Art. 257 a 259 del RD 849/1986
CALIDAD 5.2 a) Recarga de acuíferos por inyección directa.	1 huevo/10 L	0 UFC/100 mL	10 mg/L	2 UNT	
CALIDAD 5.3 a) Riego de bosques, zonas verdes y de otro tipo no accesibles al público. b) Silvicultura.	No se fija límite	No se fija límite	35 mg/L	No se fija límite	OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs.
CALIDAD 5.4 a) Otros usos ambientales (mantenimiento de humedales, caudales mínimos y similares).	La calidad mínima requerida se estudiará caso por caso				

1.2 Caracterització dels recursos hídrics alternatius

Els recursos d'aigua els podem classificar segons recursos convencionals i no convencionals.

Taula 3: Resum de la caracterització de recursos	
Recursos convencionals	Aigua superficial
	Aigua freàtica
	Aigua dessalada
Recursos no convencionals	Aigües reutilitzades:
	- Aigua regenerada
	- Aigües pluvials
	- Aigües grises

S'entén com recursos convencionals, aigües amb una bona qualitat química pel consum humà. Per tant, es poden incorporar a la xarxa sense cap risc de contaminació. Malgrat això, a vegades s'han de tractar per la deficiència i/o manca d'algun paràmetre químic i/o biològic.

D'altra banda, els recursos no convencionals són aigües amb problemes de qualitat no apta per al consum. S'hi consideren les aigües salobreses, l'aigua de mar, les aigües pluvials, l'aigua residual depurada. Les aigües no convencionals s'utilitzen cada vegada més en zones urbanes (reg de zones verdes).

D'aquesta taula, els recursos objecte d'anàlisi en aquest document i que no requereixen una qualitat d'aigua potable, comprenen les:

- **aigües freàtiques** ja siguin aigües d'esgotament d'infraestructures subterrànies com el Metro, aigües de mines, captacions en pous o deus.
- les **aigües reutilitzades**, que inclouen a les **aigües regenerades** (aigua tractada de depuradora), les **aigües pluvials** i les **aigües grises**.

En els següents subapartats es caracteritzaran tots aquests tipus d'aigües d'ús no potable. Aquesta informació aportarà als ajuntaments una idea de la disponibilitat d'aquests recursos no potable dins dels seus municipis.

Una vegada definida la seva disponibilitat i qualitat en el medi, s'avaluarà la possibilitat de projectar un pla d'aprofitament d'aquests recursos a nivell municipal. Per fer això es requerirà un estudi en detall dels següents aspectes:

- Els aspectes quantitatius.
 - Es valorarà el número de pous i punts d'aigua disponibles propis de l'ajuntament (pous, mines, deus municipals)
 - Però també es poden quantificar pous privats fora d'ús i en terrenys de propietat privada
 - I finalment, poden cercar nous recursos, nous pous, per a usos no potables pels quals seran necessaris els estudis anteriors.
- Els aspectes tècniques de la xarxa (bombaments,...).
- Els aspectes qualitatius necessaris per poder utilitzar aquesta aigua per als diferents usos.

Per tal d'estimar la **quantitat de recurs** d'aigües freàtiques existent a cada municipi, es recomanaria fer un inventari selectiu dels punts d'aigua d'ús municipal per conèixer els recursos d'aprofitament pel reg, entre altres usos. Per això, s'han de fer assaigs de bombeig o aforaments en tots els punts d'aigua que no es tingui clar la quantitat d'aigua que s'explota o es podria explotar.

A més, seria interessant per cadascun dels recurs identificats, saber els següents paràmetres:

- Volum mig disponible diari (m^3)
- Cabal mig disponible (l/s)
- Volum disponible dia punta (m^3)
- Cabal disponible dia punta (l/s)

Un cop definides les característiques de la font de recursos i les demandes d'aigua no potable a cobrir, cal plantejar una sèrie d'infraestructures per tal de poder-les abastir. Aquestes **infraestructures**, que han de permetre distribuir les aigües captades fins als punts de consum, es generen per tal de cobrir el major percentatge possible de la demanda potencial considerant una sèrie de criteris de racionalitat com són:

- Dimensió de la demanda.
- Distància al recurs.



- Diferència de cota entre recurs i demanda.
- Proximitat a xarxes existents, etc.
- Costos respecte l'aigua potable

Aquesta xarxa d'aigua no potable seria paral·lela a la xarxa d'aigua potable i cobriria totes les demandes d'aigua no potable identificades dins del municipi.

D'altra banda, els **aspectes qualitatius** hauran de complir els límits establert per les lleis i normatives vigents (RD 1620/2007) per cadascun dels usos finals segons es mostra a la taula 3.

Per exemple, la qualitat per a l'ús de reg necessita d'una desinfecció per evitar contaminació per legionel·la. La desinfecció es podrà fer mitjançant clor preferentment excepte amb aigües amb elevades concentracions de cations metàl·lics i extraccions amb petits volums, on s'hauria de fer servir làmpades de llum ultraviolada.

En tots els casos d'aprofitament de les aigües freàtiques caldrà obtenir les corresponents autoritzacions o concessions per a l'aprofitament de les aigües subterrànies atorgades per l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) de conformitat amb la legislació bàsica estatal i normativa autonòmica en la matèria.

Per tant, **les aigües freàtiques són un recurs alternatiu per estalviar aigua potable**, doncs la proposta del disseny d'una doble xarxa de reg seria una bona actuació per garantir l'aigua potable i, així mateix, fer un bon ús sostenible de l'aigua disponible dins del municipi.

Per saber-ne més

- La Diputació de Barcelona, a través de la Gerència de Serveis de Medi Ambient, ofereix **suport als municipis** per a la realització d'estudis sobre hidrologia subterrànea, estudis de pous, aforaments de pous i mines, estudis hidrològics, etc.
- Jornada monogràfic sobre l'aprofitament local de les aigües freàtiques, organitzada per la Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat: www.diba.cat/web/xarxasost/matejorn#aprofitamentaiguesfreatiques
- Agència Catalana de l'Aigua: Aigües subterrànies: bit.ly/p8Zb7c
- Grup d'Hidrologia subterrànea UPC: www.h2ogeo.upc.es/
- Todd, David Keith, 1980. *Groundwater Hydrology* Second Edition, John Wiley & Sons

1.2.2 Aigües reutilitzades

Les aigües reutilitzades engloben tota l'aigua procedent dels sistemes de captació d'aigües pluvials, de la reutilització d'aigües residuals o de la recuperació d'aigües grises i/o grogues.

1.2.2.1 Aigües regenerades

Un altre recurs hídric alternatiu que es considera en el present estudi, per el subministrament dels usos establerts de les aigües no potables a l'entorn urbà, són les aigües regenerades.

Les aigües regenerades són aigües residuals depurades que han estat sotmeses a un procés de tractament addicional o complementari que permet adequar la seva qualitat a l'ús al qual es destinen segons marca el Reglament d'aigües reutilitzades 1620/2007.

Aquesta reutilització planificada de l'aigua pot tenir múltiples beneficis ⁸, entre els quals cap destacar els següents:

1. Una nova font de subministrament d'aigua, capaç d'aportar recursos hídrics addicionals, bé sigui en forma de recursos nets, o bé de recursos alternatius que permeten alliberar recursos d'aigua de millor qualitat i destinar-los a usos més exigents, com el proveïment públic.
2. Una disminució dels costos de tractament i d'abocament de l'aigua depurada.
3. Una reducció de l'aportació de contaminants als cursos naturals d'aigua.
4. Un estalvi energètic, perquè s'evita la necessitat d'aportacions addicionals d'aigua des de zones més allunyades a la de la planta de regeneració d'aigua.
5. Una reducció de les aportacions de diòxid de carboni a l'atmosfera, com a conseqüència d'una reducció en els consums energètics.
6. Un aprofitament dels elements nutritius continguts en l'aigua, especialment quan l'aigua regenerada s'utilitza per a reg agrícola i de jardineria.
7. Una major garantia de subministrament. Els fluxos d'aigua depurada tenen una garantia molt major que la majoria de les fonts naturals d'aigua, especialment en zones semi-àrides com les mediterrànies espanyoles.

⁸ Rafael Mujeriego, 2006



Per a l'ús de les aigües regenerades cal tenir en compte:

- L'aplicació del Real Decret 1620/2007
- Les característiques qualitatives de les aigües regenerades
- La configuració de la xarxa

Per tal que la utilització de l'aigua regenerada sigui una pràctica segura caldrà també un Pla de seguretat al llarg de tota la línia de tractament i fins al seu punt d'ús.

Un cop fet l'inventari dels recursos i demandes existents es procedirà al coneixement dels cabals i qualitats disponibles dins dels municipis que volen projectar aquest tipus d'actuació és vital pel seu disseny. Els punts d'estudi més important seran:

- **Origen de l'aigua**

Definició de les característiques de la font d'aigua, és a dir, fer una definició de les característiques de l'EDAR pel que fa al coneixement de la capacitat total de disseny de la planta, els tractaments que es porten a terme en l'actualitat: tractament biològic o químic, amb o sense capacitat de nitrificació/desnitrificació, nombre de línies de tractament, etc...

- **Qualitats requerida de l'aigua regenerada**

Paràmetres de qualitat de les aigües regenerades regulats pel RD 1620/2007

El RD en el seu annex I.A, relaciona els "Valors Màxims Admissibles" (VMA) dels paràmetres de contaminació, amb els usos de l'aigua previstos.

El RD tracta dos tipus de paràmetres que cal controlar: els microbiològics i els fisicoquímics:

Paràmetres microbiològics

- nematodes intestinals,
- Escherichia coli,
- Legionella spp⁹
- Taenia saginata i

⁹ Amb caràcter general és recomanable consultar la Guía Técnica para la Prevención y Control de la Legioelosis en Instalaciones del Ministeri de Sanitat, Política Social i Igualtat. És aconsellable consultar les recomenacions i procediments per avaluar el risc estructural, de manteniment i operacional per als usos que afectin el sector de la jardineria i el paisatgisme següents: fonts ornamentals, reg per aspersió en el medi urbà, instal·lacions de rentat de vehicles i altres instal·lacions que acumulin aigua i puguin produir aerosols.

- Taenia solium

Paràmetres fisicoquímics

- sòlids en suspensió
- terbolesa
- conductivitat
- nitrats
- nitrogen total
- fòsfor total
- substàncies perilloses orgàniques

Cal tenir en compte que els paràmetres i els límits de qualitat establerts són criteris de qualitat mínims obligatoris.

Criteris de qualitat de les aigües regenerades requerits pel RD 1620/2007

Els criteris mínims obligatoris exigibles per a la reutilització de les aigües regenerades segons usos aplicables en el sector de la jardineria i el paisatgisme es recullen en l'annex IA del RD 1620/2007 (veure taula 2 del present document).

Els agents que intervenen en un sistema de reutilització assumeixen respectivament les responsabilitats determinades pel RD que es resumeixen a continuació:

- El titular de l'autorització d'abocament és responsable de la qualitat de l'abocament i del seu control fins al punt de lliurament de les aigües depurades (PLAD).
- El titular de la concessió o autorització de reutilització d'aigües és responsable de la qualitat de l'aigua regenerada i del seu control des del punt on les aigües depurades entren en el sistema de reutilització, és a dir, el PLAD, fins al punt de lliurament de les aigües regenerades (PLAR).
- L'usuari de l'aigua regenerada és responsable d'evitar el deteriorament de la seva qualitat des del punt de lliurament de l'aigua regenerada fins als llocs d'ús.

Els organismes de conca, en les resolucions per les quals s'atorguin les concessions o autoritzacions de reutilització, podran fixar valors per a altres paràmetres o contaminants que puguin estar presents a l'aigua regenerada o ho prevegi la normativa sectorial d'aplicació a l'ús previst per a la reutilització.



- **Altres paràmetres de l'aigua efluent**

A banda dels paràmetres microbiològics i sanitaris garantits per qualsevol projecte d'aprofitament d'aigües regenerades, existeixen d'altres paràmetres, especialment agronòmics, que cal també tenir en compte a l'hora d'avaluar l'adequació la qualitat de l'aigua sigui prou bona per no interferir negativament en el desenvolupament de la vegetació. Aquest paràmetres de l'aigua efluent a analitzar són:

Paràmetre	Unitat
Conductivitat	dS/m
SAR	-
pH	-
Bicarbonats	mg/l CaCO ₃
Clorurs	mg/l Cl
Bor	mg/l B

- **Plantejament del disseny de les infraestructures**

Un cop definides les demandes d'aigua no potable a cobrir, cal plantejar una sèrie d'infraestructures per tal de poder-les abastir. Aquestes infraestructures que han de permetre distribuir les aigües captades fins als punts de consum, es generen per tal de cobrir el major percentatge possible de la demanda potencial considerant una sèrie de criteris de racionalitat (dimensió de la demanda, distància al recurs, diferència de cota entre recurs i demanda, proximitat a xarxes existents, etc.).

Així doncs, les actuacions proposades van en la línia de cobrir les demandes d'aigua no potable directament amb recursos d'aigües no potables mitjançant la construcció d'una doble xarxa destinada a aquest tipus d'aigua. Aquesta doble xarxa inclou canonades de distribució, dipòsits de regulació, estacions de bombeig i sistemes de desinfecció.

Un cop definida la xarxa necessària per a poder cobrir el màxim de demanda, aquesta es va valorar econòmicament per analitzar la seva viabilitat. A partir del resultat obtingut, i com es descriurà més endavant, es defineix una segona xarxa que proposa una solució per cobrir el màxim de la demanda però amb un cost menor.

Per saber-ne més

- Jornada monogràfic sobre la planificació de les dobles xarxes i les aigües regenerades, organitzada per la Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat: [/www.diba.cat/web/xarxasost/matejorn#ciclereaprofitamentaiguanopotable](http://www.diba.cat/web/xarxasost/matejorn#ciclereaprofitamentaiguanopotable)
- Normes Tecnològiques de Jardineria i Paisatgisme. Reutilització als espais verds. Utilització d'aigües regenerades i d'altres recursos hídrics no potables per al reg en jardineria. NTJ 17R. Juliol de 2011.
- Plan de gestion del Agua de Catalunya: "Los recursos hídricos". Agència Catalana del Aigua.
- Programa de reutilització d'Aigua a Catalunya. Agència Catalana de l'Aigua. Juny de 2009.
- Agència Catalana de l'Aigua: Reutilització: bit.ly/rsonvf
- La reutilización de aguas residuales . Red Iberoamericana de Potabilización y depuración de agua.



1.2.2.2 Aigües pluvials

Un altre recurs alternatiu que es pot promoure per la seva reutilització dins de l'àmbit municipal és **l'ús de les aigües pluvials**. Les aigües pluvials són aquelles aigües procedents directament de la pluja o de l'escorrentia superficial directa de pluja.

Aquestes aigües representen una font alternativa de bona qualitat que pot permetre la substitució d'aigua potable en determinades aplicacions i d'aquesta manera un estalvi en el recurs.

L'aplicació més habitual de l'aprofitament d'aigües pluvials és a escala d'un mateix edifici. En el propi edifici es recullen les aigües i s'aprofiten, però també hi ha experiències d'escalas superiors (diversos edificis, barris...).

L'element imprescindible, tenint en compte la diferència entre el règim pluviomètric i l'ús del recurs, és la necessitat d'un **dipòsit d'emmagatzematge**. El tipus i les dimensions dels dipòsits d'emmagatzematge variarà en funció diversos paràmetres com l'ús al que es destinaran aquestes aigües, de la tipologia dels edificis o del seu espai d'ubicació, de la climatologia de la zona....

Es proposa que els edificis emmagatzemin les aigües pluvials recollides a les cobertes de teulades i terrasses del mateix edifici i d'altres superfícies impermeables no transitades per vehicles ni per persones.

La recollida de les aigües de la pluja en els edificis públics i/o privats acostuma a ser obtinguda des de les teulades, patis de ciment, camins i altres superfícies impermeables i es pot utilitzar per al reg de parcs i jardins, neteja d'interiors i d'exterior, cisternes d'inodors i qualsevol altre ús adient a les seves característiques.

Figura 1: Diferents sistemes de captació de pluvials

Font: www.energiayecoambiente.com

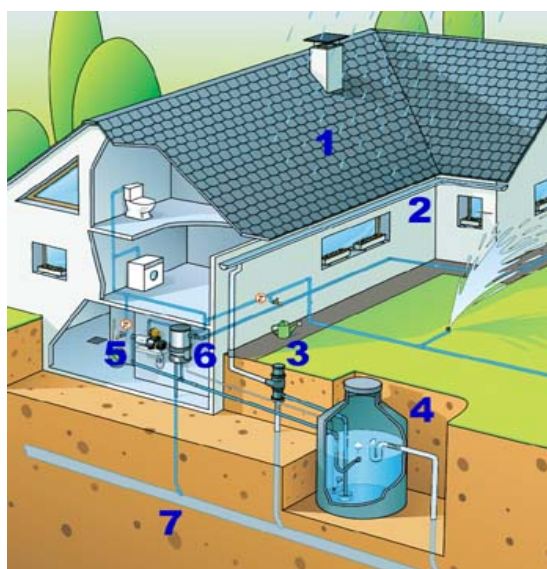


- **Components de la instal·lació per la recuperació de les aigües pluvials**

En general, el disseny bàsic de recollida d'aigües pluvials en edificis consta dels següents elements:

1. **Coberta:** en funció dels materials emprats tindrem major o menor qualitat de l'aigua recollida.
2. **Canaló:** per recollir l'aigua i portar-la fins al dipòsit d'emmagatzematge. Abans dels baixants s'aconsella instal·lar algun sistema que eviti entrada de fulles i similars.
3. **Filtre:** necessari per fer una mínima eliminació de la brutícia i evitar que entri en el dipòsit o cisterna.
4. **Dipòsit:** espai on s'emmagatzema l'aigua ja filtrada. El seu lloc idoni és enterrat o situat en el soterrani de la casa, evitant d'aquesta manera la llum (algues) i la temperatura (bacteris).
5. **Bomba:** per distribuir l'aigua als llocs prevists.
6. **Sistema de gestió aigua de pluja - aigua de xarxa:** mecanisme pel qual tenim un control sobre la reserva d'aigua de pluja i la commutació automàtica amb l'aigua de xarxa.
7. **Sistemes de drenatge de les aigües excedents, de neteja, etc.** que pot ser la xarxa de clavegueram, o el sistema de vessament de què disposi l'habitatge.

Figura 2: Esquema bàsic de recollida d'aigües pluvials
Font: www.ison21.es



- **Disseny i equips**

1. **Captació**

Superfície de captació, poden ser diverses i cal considerar l'efecte a nivell qualitatiu i quantitatiu que produeixen en l'aigua de recollida.

A nivell qualitatiu s'ha de tenir en compte les possibles limitacions com per exemple:

- Teulades verdes: aportacions de nutrients



- Teulades asfàltiques: aportacions d'hidrocarburs
- Teulades metàl·liques: aportacions d'ions metàl·lics

A nivell quantitatiu, expressat en tant per u d'eficiència, s'agafen els següents coeficients d'escorrentia en funció del tipus de teulada:

- Teulada dura inclinada: 0,8 a 0,9
- Teulada plana sense grava: 0,8
- Teulada plana amb grava: 0,6
- Teulada verda: 0,3 a 0,5
- Superfície empedrada: 0,5 a 0,8
- Revestiment asfàltic

Conduccions/ Canaletes, El material constructiu de les canaletes no ha de ser fàcilment alterable ni ha d'alterar la qualitat de l'aigua transportada.

2. Filtració

Prèviament a l'emmagatzematge als dipòsits d'acumulació, les aigües pluvials han de ser filtrades per evitar l'entrada de brutícia que provoquin averies o deteriorin la qualitat de l'aigua acumulada.

Es poden distingir els següents tipus de filtres:

En funció de la seva ubicació

- a. Tipus U1, filtres instal·lats a baixants
- b. Tipus U2, filtres ubicats a la cisterna
- c. Tipus U3, filtres per la seva instal·lació individual (a arquetes, enterrades o en superfície)

En funció del seu principi de funcionament

1. Tipus F1, filtres amb expulsió de la brutícia "autonetejants"
2. Tipus F2, filtres amb acumulació de la brutícia

Els filtres han de ser dimensionats en funció del cabal d'aigua que pot passar per ells i han de ser instal·lats de manera que faciliti el seu manteniment i la seva neteja.

3. Emmagatzematge

Criteris bàsics

L'aigua s'ha d'emmagatzemar filtrada i neta prèviament i la cisterna mai pot alterar l'aigua que contingui.

S'ha de protegir la cisterna o dipòsit al màxim de la llum i la calor per això es recomanen les enterrades.

S'ha de protegir el dipòsit de l'entrada d'insectes i rosegadors

S'ha de senyalitzar correctament

Dimensionament dels dipòsits

El dimensionat dels dipòsits pluvials es molt variable **no existeix una fórmula universal** però aquesta fórmula estàndard hauria d'incloure aquests 4 factors:

- 1) La superfície de captació de l'aigua pluvial del sistema
- 2) Material de la superfície (per calcular el coeficient d'escorrentia)
- 3) La precipitació mitjana de la zona on s'ubica el sistema
- 4) I per últim de la demanda del sistema

L'ACA al juny del 2011 va elaborar una metodologia per el dimensionament de sistemes d'aprofitament d'aigües pluvials *Aprofitament d'aigua de pluja a Catalunya. Dimensionat de dipòsits d'emmagatzematge*. Dins d'aquesta metodologia es van calcular uns àbacs que permeten el dimensionament dels dipòsits de recollida i emmagatzematge d'aigües pluvials a partir de paràmetres relatius a la demanda i al recurs.

A continuació es recull l'eina de càlcul per al volum dels dipòsits d'emmagatzematge:



AIGÜES PLUVIALS

Eina de càlcul per al volum dels dipòsits d'emmagatzematge

Els àbacs presentats permeten el dimensionament de dipòsits de recollida i emmagatzematge d'aigües pluvials a partir de paràmetres relatius a la demanda i al recurs. Són el resultat d'un model d'ompliment i buidatge basat en sèries de dades pluviomètriques per a diferents zones de càlcul de Catalunya, tenint en compte la variabilitat climatològica del territori català.

Hipòtesis

Es pressuposa una eficiència d'entrada al sistema del 80% i una garantia de subministrament del 60% en termes volumètrics. El dimensionament en termes de garantia implica que un dipòsit dimensionat amb els àbacs ha de permetre abastir un 60% de la demanda total de reg.

Instruccions d'ús

1 Selecció de la zona de càlcul

En funció de la ubicació a Catalunya del sistema d'aprofitament d'aigües pluvials, cal seleccionar una zona en el Mapa. A cada zona li correspon un àbac.

2 Càlcul de la superfície de teulada

La Superfície de teulada, o de recollida, és la projecció horitzontal de la coberta no transitable de l'edifici.

3 Càlcul de la superfície equivalent a gespa

La Superfície equivalent a gespa és la conversió a gespa de totes les superfícies S_i del jardí ocupades per diferents tipologies de vegetació. Es calcula segons la fórmula i els coeficients següents:



Tipus de planta	K_c Coeficient de cultiu
Planta de zona àrida. (xerojardineria)	0,2-0,3
Fruïtes	0,6-0,7
Arbres	0,6-0,8
Arbust	0,7-0,8
Flors	0,8-1,0
Gespa	1,0
Horta	1,0

$$S_{\text{equivalent gespa}} = \sum \frac{S_i \cdot K_{ci} \cdot K_{di}}{e_i}$$

Densitat de plantació	K_d Coeficient de densitat
Baixa	0,60
Mitjana	1,00
Alta	1,10

Sistema de reg	e Eficiència (%)
Mànega	65%
Aspersió	75%
Degoteig	80%

4 Ús de l'àbac - càlcul del volum útil

Mitjançant l'entrada a l'àbac corresponent amb els paràmetres "Superfície de teulada" i "Superfície equivalent a gespa", es troba un punt d'intersecció que, interpolant les línies de volum constant, permet estimar el volum útil d'emmagatzematge del dipòsit.

En cas d'obtenir-se un punt d'intersecció situat per sobre de la zona d'interpolació dels àbacs, caldrà tenir en compte que el factor limitant és el recurs, i que per tant caldria ajustar la demanda mitjançant: la reducció de la zona de reg amb aigües pluvials, la substitució d'espècies que facin reduir la superfície equivalent de gespa, l'assumpció de que en cas que es vulgui regar tot el jardí amb la superfície de coberta disponible la garantia volumètrica serà inferior al 60% i/o complementar amb altres fonts de recurs.

En cas d'obtenir-se una superfície equivalent a gespa superior al rang considerat en les ordenades dels àbacs es recomana recórrer a un càlcul manual adaptat al cas concret.

Volum a afegir al volum útil obtingut

Principalment es contempla l'ús de les aigües pluvials per al reg de jardins. Per a altres usos en què no es requereix la qualitat d'aigua potable es recomana valorar la demanda en base als valors de la taula adjunta, i calcular el volum necessari per satisfer-la durant un mes, valor que es sumaria al volum útil obtingut amb els àbacs.

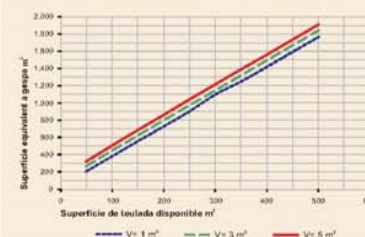
Usos domèstics d'aigua	Plurifamiliar intensiu (lpd)	Plurifamiliar semi-intensiu (lpd)	Unifamiliar (lpd)
Inodor (WC)	27	30	27
Aixetes (excepte cuina i lavabo)	30	30	47
Rentadora	13	16	16
Altres usos	10	10	10

lpd: litres per persona i dia

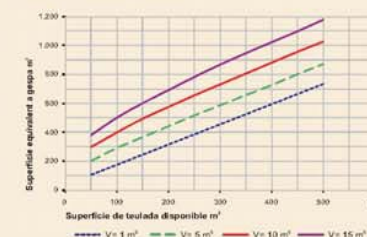
Per a l'obtenció del volum total del dipòsit cal tenir en compte el resguard necessari.

ÀBACS

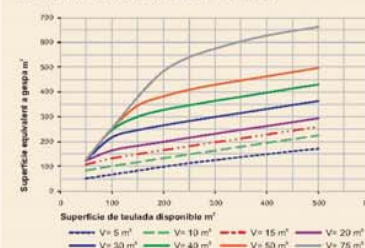
Zona 1 Pirineu occidental



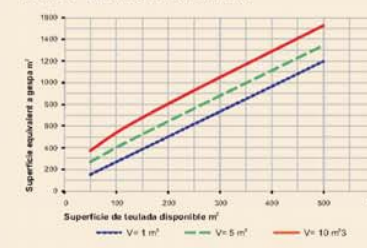
Zona 2 Pirineu central



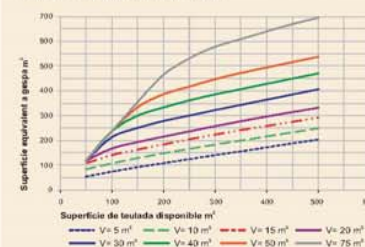
Zona 3 Alt Empordà - Cap de Creus



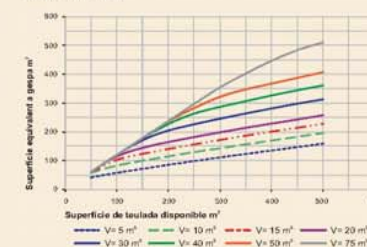
Zona 4 Catalunya septentrional



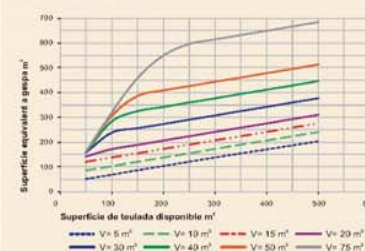
Zona 5 Catalunya meridional



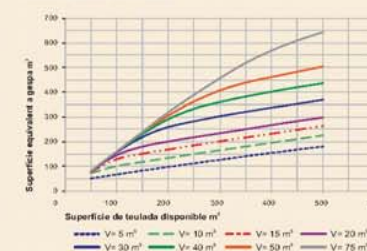
Zona 6 Ponent



Zona 7 Els Ports



Zona 8 Delta de l'Ebre



Generalitat de Catalunya
Departament de Territori
i Sostenibilitat

Agència Catalana
de l'Aigua

4. Manteniment i control del sistema

Es necessari mantenir la qualitat de l'aigua del dipòsit mitjançant la seva vigilància. Aquesta qualitat serà funció del seu ús final i de les característiques de la pròpia instal·lació.

Es realitzarà un manteniment periòdic de tot el sistema de reaprofitament de l'aigua pluvial com a mínim una vegada a l'any i en els següents punts:

1. Captació. Revisió de l'estat de conservació de cobertes, canaletes i baixants per evitar possibles obturacions i brutícia.
2. Revisió periòdica de l'estat de conservació i neteja dels filtres.
3. Emmagatzematge. Revisió del dipòsit i els seus equips en especial el sobreeixidor i vàlvula de peu.
4. En cas de disposar d'un sistema automàtic de desinfecció s'ha de comprovar periòdicament.

Per saber-ne més

- La Diputació de Barcelona ofereix un [Curs](#) als tècnics municipals sobre Mecanismes de reaprofitament i estalvi d'aigua en edificis.
- Jornada monogràfic sobre l'aprofitament d'aigües en edificis., organitzada per la Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat: www.diba.cat/web/xarxasost/matejorn#noveseinesaigua
- Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas: AquaEspaña.
 - Guia técnica de aprovechamiento de aguas pluviales: bit.ly/ou8eYw
- Projecte SOSTAQUA: www.sostaqua.com
- Grup de Recerca Sostenipra – UAB: Projecte Pluviosost: www.sostenipra.cat



1.2.2.3 Aigües grises

Les **aigües grises** són una altra alternativa d'aprofitament d'aigua no potable dins l'àmbit municipal, però menys utilitzada fins ara per les seves exigències de qualitat i el seu cost constructiu.

Per aigües grises entenem tota aigua procedent dels rentamans, dutxes i banyeres (s'exclouen les piques de la cuina, lavabos i urinaris) que mitjançant un sistema de recollida, tractament i emmagatzematge representen una font alternativa d'aigua cap a usos domèstics per als quals no és imprescindible l'ús d'aigua potable.

Les aigües grises una vegada tractades tenen en l'actualitat diversos àmbits d'aplicació, a vivendes (unifamiliars i plurifamiliars), a hotels, residències, poliesportius, edificis,...

Els camps d'aplicació de les aigües grises reciclades exclouen els usos de l'aigua de consum humà definides al paràgraf 1 de l'article 2 del Reial Decret 140/2003, de 7 de febrer per el que s'estableixen els criteris sanitaris de la qualitat de l'aigua de consum humà ¹⁰.

Els criteris de disseny d'una instal·lació per la recuperació d'aigües grises són:

- Dades de partida
 - o Demanda / producció d'aigües grises
 - o Qualitat de l'aigua d'entrada i sortida
 - o Balanç hídric
- Tipus de tractament
- Recepció i emmagatzematge

Primerament, s'ha de conèixer la demanda d'aigua necessària i l'ús final de l'aigua tractada per poder dimensionar les instal·lacions. A títol orientatiu, el càlcul de les necessitats s'estimarà tenint en compte els següents rangs de la demanda:

¹⁰ a) Todas aquellas aguas, ya sea en su estado original, ya sea después del tratamiento, utilizadas para beber, cocinar, preparar alimentos, higiene personal y para otros usos domésticos, sea cual fuere su origen e independientemente de que se suministren al consumidor, a través de redes de distribución públicas o privadas, de cisternas, de depósitos públicos o privados.

Taula 4: Rangs de demanda.

Font: Guia técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios. AquaEspaña

Aplicació	Demanda estimada	Observació
Recàrrega de cisternes dels lavabos	18 – 45 litres/persona/dia	És una de les aplicacions més habituals
Reg de jardins	2 – 6 litres/m ² /dia	Variable en funció del tipus de vegetal i de l'estació de l'any
Rentat de sòls a l'interior	½ - 1 litres/m ²	
Neteja de paviments exteriors	2 – 6 litres/m ²	
Rentat de cotxes	250 litres	Rentat d'un turisme

Respecte a la producció d'aigües grises, el volum d'aigües aportades depèn principalment de les característiques i l'ús de l'edifici. En termes generals es poden considerar els següents valors orientatius de producció:

Taula 5: Valors orientatius de producció.

Font: Guia técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios. AquaEspaña

Aplicació	Producció estimada
Habitatges	50 – 100 litres/persona/dia
Hotels	50 – 150 litres/persona/dia
Complexos esportius	30 – 60 litres/persona/dia

Aquests sistemes alternatius d'aprofitament d'aigua es poden incorporar a qualsevol edifici, i s'estima que a cada llar es pot estalviar uns 45 litres d'aigua potable i aigües residuals per persona i dia. En complexos esportius, l'estalvi pot arribar a 60 litres per persona i dia.¹¹

¹¹ Font: Ordenança Municipal per a l'estalvi d'aigua de Sant Cugat del Vallès. Per pèrdues en el procés de tractament de les aigües grises, la totalitat de l'aigua consumida (45 o 60 litres) no s'estalvia com a aigües residuals però es tracta d'una aproximació prou ajustada.



Classes de tractament

Per la recuperació de les aigües grises s'apliquen diversos tipus de tractaments. La selecció del sistema més adequat dependrà de factors com:

- Característiques de les aigües grises a tractar
- Ús de l'aigua tractada
- Especificacions requerides a l'aigua tractada
- Aspectes econòmics

Els sistemes per reciclar aigües grises varien significativament en funció de la seva grandària, complexitat, qualitat d'aigua obtinguda, cost, etc.

Aquests tractaments es poden classificar de la següent manera:

1. Sistema sense tractament, aquests sistemes utilitzen aparells senzills per recollir aigües l'aigua gris i enviar-la directament als punts d'ús sense tractament previ i amb absència o mínim emmagatzematge.
2. Sistemes amb tractament, aquests sistemes generalment inclouen les etapes de: captació i emmagatzematge de les aigües grises, tractament i emmagatzematge de l'aigua tractada.

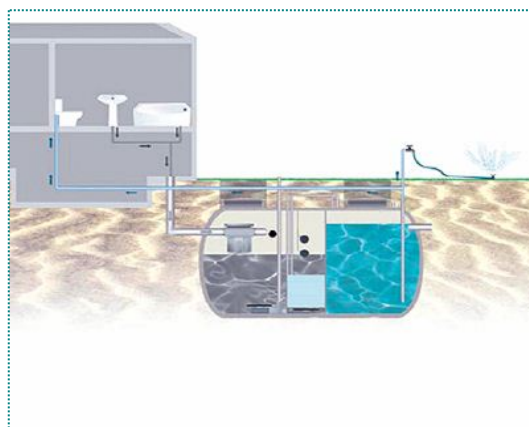


Figura 3: Dipòsit per l'aprofitament d'aigües grises

Font: www.solucionesmedioambientalesalve.com

Aquests tractaments es poden classificar¹²:

A. Sistemes físics

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

¹² Font: Guía Técnica Española de Recomendaciones para el Reciclaje de Aguas Grises en Edificios. Aqua España. Grup de treball: Gestió i aprofitament d'aigües pluvials.

B. Sistemes fisicoquímics

Aquestes sistemes s'utilitzen per la separació dels olis-greixos, emulsions, col·loides, partícules en suspensió, matèria orgànica i terbolesa. En la fase del tractament es poden incorporar les següents etapes:

- Ús del pre-filtre per eliminar els residus i les partícules prèvies a l'emmagatzematge
- Dosificació de coagulants/floculants
- Filtració (sorra, etc.)
- Desinfecció per evitar el creixement microbiològic (hipoclorit sòdic, UV, etc.)

C. Sistemes biològics

Els sistemes biològics varien en forma i complexitat, però el concepte és el mateix: degraden la matèria orgànica present en les aigües grises mitjançant el creixement d'organismes que aporten oxigen al sistema.

D. Sistemes mixtes

Els sistemes mixtes són una barreja dels sistemes anteriors.

E. Sistemes híbrids

Els sistemes híbrids són aquells que permeten el tractament conjunt d'aigües grises i pluvials.

Consideracions importants

Es recomana que les aigües grises siguin canalitzades per gravetat i sempre mitjançant una xarxa separativa dissenyada segons les especificacions de la CTE i s'identifiquin convenientment.

També es recomana instal·lar pre-filtres amb l'objectiu de reduir els problemes d'obstrucció en els sistemes de tractament, bombeig,...etc.

Les aigües grises brutes de l'edifici normalment es recullen en un dipòsit previ per absorbir el cabal punta i proporcionar una aportació continua al sistema de tractament. A les instal·lacions amb consums reduïts, el dipòsit de recepció pot formar part integral de l'equip de tractament o ser instal·lat a part.

També s'aconsella col·locar un comptador d'aigua en l'aigua gris rebuda per al sistema i un bypass que condueixi l'excedent de les aigües grises que no s'hagin de tractar a la xarxa general de sanejament.



Per últim, s'apunta que el dimensionament del dipòsit es realitza en funció del volum de l'aigua a reciclar, tenint en compte els següents conceptes:

- No es convenient acumular les aigües grises per un període superior a 24 hores.
- S'ha de disposar d'un sistema descarregar que permeti enviar les aigües grises acumulades al desguàs corresponents.
- El sistema ha d'estar correctament senyalitzat per evitar l'accés d'insectes i rosegadors i accessible únicament al personal autoritzat.

Controls analítics

Per garantir el correcte funcionament de les instal·lacions i la seguretat en la utilització de l'aigua tractada s'han de realitzar uns controls analítics que es descriuen a les següents taules:

Taula 6: Els requisits mínims de les aigües grises reciclada en el punt d'ús.

Font: Guia técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios. AquaEspaña

Aplicació			Residencial	Serveis
CONTROL de l'aigua tractada	FREQÜÈNCIA	RESULTATS		
Terbolesa (NTU)	Quinzenal	< 2	< 10	
E. Coli (UFC / 100 ml)	Semestral	No detectat	< 200	
Biocida actiu. En cas del clor residual lliure, si s'addiciona clor (CL2 mgL)	Quinzenal	0,5 – 2,0	0,5 – 2,0	
pH, si s'addiciona clor	Quinzenal	7,0 – 8,0	7,0 – 8,0	

En el cas que existeixi risc d'aerosolització (principalment reg per aspersió), es tindran en compte els criteris establerts en el RD 865/2003, així com el valor guia indicat en el RD 1620/2007.

L'aigua tractada haurà d'assolir un controls químics amb una freqüència específica segons el seu ús final. En el cas d'utilitzar les aigües grises tractades per el WC i el reg de jardins privats.

Taula 7: Controls analítics pel ús de l'aigua residual depurada.

Font: Guia técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios. AquaEspaña

Aplicació			
Cisternes d'inodors – Reg de jardins privats - Rentadores			
CONTROL en l'AIGUA TRACTADA	FRECUÈNCIA	RESULTATS	ACCIONS EN CAS D'INCOMPLIMENT
Terbolesa (NTU)	Quinzenal	< 2	Verificar tractaments; realitzar les operacions de neteja necessaris
E.Coli (UFC / 100 ml)	Semestral	absència	Realitzar una desinfecció de l'instal·lació i repetir les anàlisis
Biocida actiu. En cas de clor residual lliure, si s'addiciona clor (Cl ₂ mg/l)	Quinzenal	0,5 – 2,0	Verificar els sistemes de dosificació i control de clor
pH, si s'addiciona clor	Quinzenal	7,0 – 8,0	Verificar els sistemes de dosificació i control de pH

AquaEspaña va desenvolupar un protocol per a la presa de mostres. En la següent taula núm. 8, s'explica la metodologia a seguir per els principals paràmetres de control. Tot això serà de gran ajuda pel control, seguiment i manteniment d'aquest tipus d'actuació dins de l'Ajuntament.



Taula 8: Protocol general per a la presa de mostres d'aigües grises.

Font: Guia técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios. AquaEspana

Paràmetre	Protocol de presa de mostres
Terbolesa	La mostra es prendrà en el circuit de subministrament de l'aigua grisa reciclada. Aquestes hauran de recollir-se en recipients de vidre o de plàstic (mantenint aquests recipient en condicions de màxima neteja). Abans del mostreig és necessari deixar córrer aigua del punt de subministrament per obtenir una mostra homogènia i representativa. Les determinacions es realitzaran in situ immediatament després del mostreig. Si és inevitable transportar les mostres, aquestes s'emmagatzemaran refrigerades i en fosc. Les anàlisis es realitzaran al més aviat possible i sempre durant un període inferior a 24 h.
Clor residual lliure	
pH	
Escherichia Coli	La mostra es prendrà en el circuit de subministrament de l'aigua grisa reciclada. Les mostres hauran de recollir-se en envasos estèrils d'un només ús de 500ml de volum amb tiosulfato de sodi (0,1 ml/100 ml mostra) per neutralitzar l'acció de l'oxidant (clor, cloramina, brom o ozó). Abans de la recollida de mostres és necessari desinfectar el punt de subministrament amb etanol i obrir-ho deixant córrer l'aigua fins que surti a una temperatura constant. Les mostres han de conservar-se refrigerades (5°C) en tot moment i protegides de la llum. Han de transportar-se al punt d'anàlisi al més aviat possible, sent necessari la seva anàlisi abans que hagin transcorregut 24 h des de la recollida de la mostra.
Legionel·la spp	Segons Guia tècnica per a la prevenció i control de la legionel·losis en instal·lacions

Taula 9: Tipus d'anàlisis per les mostres d'aigües grises.

Font: Guia técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios. AquaEspana

Paràmetre	Tècnica de referència
Terbolesa (NTU)	Nefelometria
Clor residual lliure	Espectrofotometria d'absorció molecular. Mètode titulomètric
pH	Mètode electromètric
Escherichia coli	Recompte de bacteries Escherichia coli β -glucoronidasa positives
Legionel·la spp	ISO 11731 Qualitat de l'aigua. Detecció i recompte de Legionel·la

Un cop es coneix la qualitat de les aigües grises s'hauria de fer un balanç hídric, ja que la disponibilitat de les aigües grises és molt variable dins d'un edifici. S'han de fer els càlculs necessaris per fer l'instal·lació els més optima possible pel seu funcionament.

A partir del balanç hídric, es determinen els volums d'aigua acumulada tant de l'aigua bruta com de la tractada, així com el cabals i fluxos d'aigua.

Tots els elements integrants d'un sistema d'aprofitament d'aigües grises han d'estar en un circuit independent del sistema d'aigua potable, evitant riscos de connexions creuades. A més, al sistema ha de garantir el subministrament d'aigua fins i tot en el cas d'un possible cort elèctric.

D'una forma general, els avantatges de la reutilització de les aigües grises inclouen un menor ús d'aigua potable, un menor cabal a les fosses sèptiques o plantes de tractament i una reducció de la càrrega de les aigües residuals.

En canvi, un inconvenient dels sistemes de reutilització d'aigües és que no es poden utilitzar en qualsevol lloc, ja que requereixen d'espai suficient per poder desenvolupar el procés de tractament de l'aigua i reunir unes condicions climàtiques adequades.

Per saber-ne més

- La Diputació de Barcelona ofereix un **Curs** als tècnics municipals sobre Mecanismes de reaprofitament i estalvi d'aigua en edificis.
- Jornada monogràfic sobre l'aprofitament d'aigües en edificis, organitzada per la Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat: www.diba.cat/web/xarxasost/matejorn#noveseinesaigua
- Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas: AquaEspaña: www.Aquaespaña.com .



1.3 Anàlisi del balanç de recursos i demandes municipals

En l'elaboració d'un **balanç de recursos i demandes municipals** es fa una comparació entre els recursos alternatius disponibles del municipi i les demandes particulars de cada nucli de població (en el cas d'aquest document es tracta de demandes municipals).

En primer lloc, es proposa fer un inventari amb tots els punts d'aigua no potable disponibles: pous, mines, aigua pluvial, possible aigua regenerada... per poder quantificar i conèixer amb exactitud el volum d'aigua disponible a utilitzar dins del municipi. Tot plegat per obtenir els recursos amb els que conta o dels que disposa el municipi.

Respecte a les demandes, consums municipals, s'ha d'identificar tots els consums d'aigua no potable que es consumeix dintre del municipi, així com els consums dels jardins i zones verdes, i altres possibles usos com la neteja de carrer i clavegueram... per poder quantificar tot el volum d'aigua de les demandes municipals. A més, s'ha de fer un estudi d'estacionalitat de la demanda per quantificar l'augment de la demanda en els mesos estivals i conèixer la demanda punta anual.

En el cas d'un balanç positiu significarà que hi ha prou recurs per cobrir la demanda a regar. No obstant, en els casos de balanç negatiu ens mostrarà una manca de recursos en la zona i per tant seria necessari fer una proposta de nou recurs.

Un exemple és la demanda de reg a un parc de Cornellà de Llobregat: tal i com s'observa a la figura 4, la necessitat de regulació del recurs en els mesos d'estiu, temps on la demanda es dispara. Aleshores, el balanç serà negatiu, per això serà necessari incorporar al sistema un dipòsit de regulació per tal de corregir aquest "desajust" entre la demanda i les aportacions.

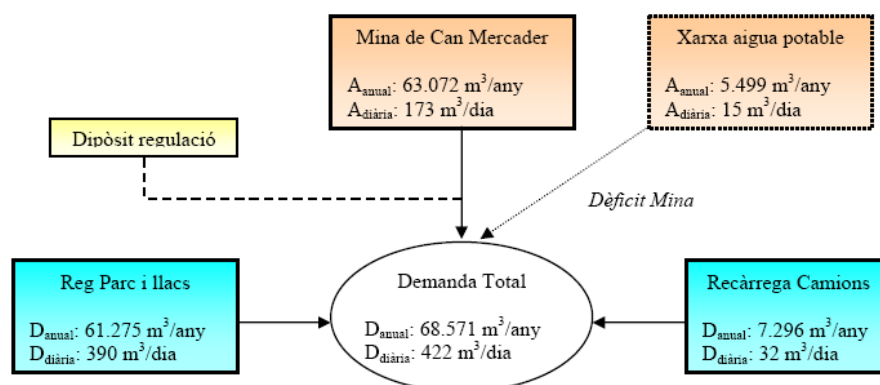
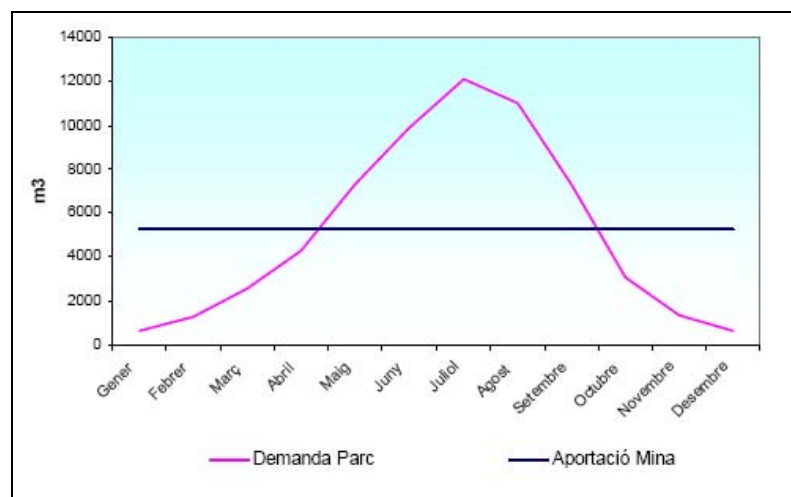


Figura 4: Distribució anual de la demanda del parc (gràfic de la part superior) i balanç del sistema en condicions de demanda màxima al municipi de Cornellà del Llobregat (sobre aquestes línies). Font: AGBAR

c) La captació d'aigües pluvials en edificis públics:

Instal·lació mínima necessària per la captació d'aigua pluvial serà:

- Canals de recollida d'aigua pluvial
- Baixants
- Filtre de materials grollers (autonetejable)
- Cisterna i grup de bombament
- Circuit d'aigua pluvial fins als punts de consum

d) La reutilització d'aigües grises (per subministrament d'aigua per a WC) en edificis públics:

Tots els edificis que generin aigües usades procedents de dutxes i banyeres hauran de disposar d'una xarxa de sanejament diferenciada entre aquestes i la resta d'aigües residuals per a permetre la seva reutilització, segons la normativa 2007.

Hauran de tenir una bona senyalització que indiqui que es tracta d'una xarxa d'aigua regenerada o freàtica.

S'haurà de mantenir unes distàncies de seguretat entre la xarxa regenerada i la xarxa d'aigua potable.



1.4.1 Optimització del procés d'urbanització: Construcció de la doble xarxa

Pel disseny de les infraestructures i desenvolupament d'aquest tipus d'actuació es requereix un coneixement en detall de les necessitats hídriques del municipi.

Definició dels sistemes

A partir de l'estudi base de cada municipi, on s'identifiquen les demandes, recursos i on es fa el balanç per estimar l'estat hídric actual del municipi, es plantejaren zones de reg a cobrir amb la xarxa d'aigua no potable perquè resulta més òptim per l'explotació de la doble xarxa l'agrupació de zones de demandes a cobrir i la connexió entre els recursos disponibles dins del municipi. D'aquesta manera, s'assoleix una infraestructura més eficient.

Així, unint diverses àrees verdes a través de la mateixa xarxa d'aigua no potable, es pretén fer possible compartir recurs excedent d'un d'ells amb la resta de zones verdes identificades, per optimitzar paràmetres estructurals i econòmics.

Lògicament, l'agrupació d'aquestes zones ha de garantir que les infraestructures resultants tinguin una millor viabilitat tècnica - econòmica.

Plantejament

Un cop definides les demandes d'aigua no potable a cobrir, cal plantejar una sèrie d'infraestructures per tal de poder-les abastir. Aquestes infraestructures que han de permetre distribuir les aigües captades fins als punts de consum, es generen per tal de cobrir el major percentatge possible de la demanda potencial considerant una sèrie de criteris de racionalitat com per exemple:

- Dimensió de la demanda
- Distància al recurs
- Diferència de cota entre recurs i demanda
- O proximitat a xarxes existents

La doble xarxa inclourà canonades de distribució, dipòsits de regulació, estacions de bombament, i sistemes de desinfecció.

La morfologia de la xarxa de distribució dependrà del tipus d'aigua a utilitzar: en el cas d'utilitzar aigua freàtica, la xarxa tindrà diferents punts interconnectats entre sí que correspondran els diferents pous, i des d'aquesta xarxa en alta es distribuirà l'aigua cap a totes les demandes a servir.

No obstant això, en el cas de dissenyar un sistema de doble xarxa amb aigua regenerada, la morfologia de la xarxa de distribució serà diferent. Es parteix d'un punt de major consum que correspondrà amb la planta de regeneració d'aigua residual (ERA) i des d'aquesta planta sortirà una canonada fins a un dipòsit des d'on es distribuirà l'aigua cap a totes les demandes a cobrir. Les seves característiques tècniques dependran de la ubicació i quantitat de les demandes.

Un cop definida la xarxa necessària per a poder cobrir el màxim de demanda, aquesta es valorarà econòmicament per analitzar la seva viabilitat.

Criteris per al disseny de les infraestructures

En el cas del Pla de Freàtiques de l'Entitat Metropolitana de Barcelona es van considerar com criteris de selecció els següents tant per l'aprofitament d'aigües freàtiques com d'aigües regenerades:

- En municipis de gran grandària es consideren les demandes superiors a 2.000 m³/any;
- Criteris de racionalitat:
 - i. Distància entre el recurs i la demanda
 - ii. Dificultat d'execució de la xarxa
 - iii. Diferència de cotes entre el recurs i la demanda

Pel que fa al càlcul de la necessitat de reg de les zones verdes:

- Definició de l'ETP mensual
- Necessitats d'aigua
 - i. Balanç mensual de ETP i pluviometria
 - ii. Coeficients de cultiu (Kc)

Respecte a les dotacions i pressió mínimes dintre del mateix treball es van fixar:

- Dotació:
 - i. Per al reg: 1,5 l/s · ha
 - ii. Mínima 3 l/s · ha
- Pressions mínimes: 3 Kg/cm² en el punt de lliurament



El disseny de la xarxa hauria d'englobar:

1. Dipòsit regulador de capçalera
2. Bombament directe des del dipòsit dels punts amb una diferència d'alçada menor de 35 m
3. Bombament del pou a un petit dipòsit i d'aquest al dipòsit regulador de capçalera
4. Desinfeccions
 - i. Ultraviolats a la sortida del pou
 - ii. Cloració al dipòsit de regulació
5. Capacitat de regulació d'un dia (24 h.)

El càlcul de la xarxa es farà en base a:

- Cabal de disseny en funció de la demanda punta:
 - i. El 25% de la demanda anual es consumeix al juliol
 - ii. El reg s'efectua durant 8 h/dia
 - iii. Els bombaments s'efectuen en 8h/dia
- Xarxa ramificada
- Cabals en línia
 - i. Sumatori de cabals des del dipòsit de capçalera
 - ii. Reducció de la dotació unitària a partir de 10 punts de consum i fins a un màxim del 50%
- Càlcul dels diàmetres i velocitats:
 - i. Per programació lineal
 - ii. Diàmetre mínim de les conduccions de polietilè amb un diàmetre de 63 mm



Il·lustració 2: Vista en detall
d'una doble xarxa
Font: AGBAR

Criteris de qualitat

Els usos de reg i neteja de via pública no requereixen d'una qualitat d'aigua tan elevada com la de l'ús de boca.

Pel que fa a l'aprofitament de les aigües freàtiques, no existeixen normatives específiques que estableixin mínims de qualitats per a l'ús de reg, però sí que hi ha diferents recomanacions de l'OMS, del Departament de Sanitat de la Generalitat de Catalunya i normatives més genèriques que marquen unes directrius a seguir.

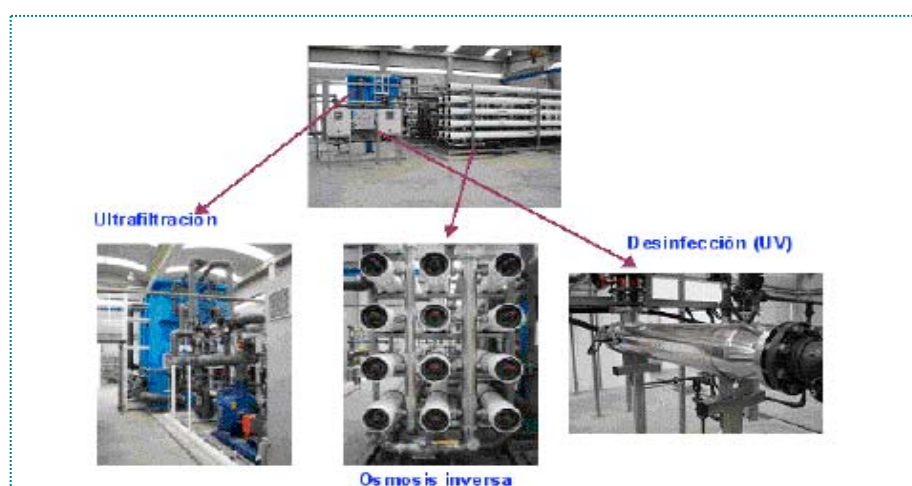
En el cas, d'utilitzar com font d'aigua l'aigua freàtica, els pretractament que s'utilitzen generalment en els pous són els tractament amb ultraviolada i la desinfecció amb hipoclorit.

La selecció dels tractaments de regeneració necessaris per a la reutilització de les aigües residuals implica el coneixement previ del tipus d'efluents a tractar (primari, secundari o terciari), la seva qualitat en el temps i la qualitat exigida de l'aigua regenerada.

Els tractaments terciaris utilitzats són tecnologies amb separació per membranes:

- Osmosis inversa
- MBR – bioreactors per membranes
- Electrodialísis

Aquests tractaments són molt costosos i requereixen de molta energia per poder filtrar l'aigua. A més, sempre tenen un rebuig que dependent del tipus de tecnologia i la seva gestió, per motius de qualitat, és molt complexa.



Il·lustració 3: Exemples dels mòduls d'ultrafiltració, osmosis inversa i desinfecció per als tractaments d'aigua regenerada en la barrera hidràulica de l'aquífer del Delta de Llobregat.

Font: AGBAR

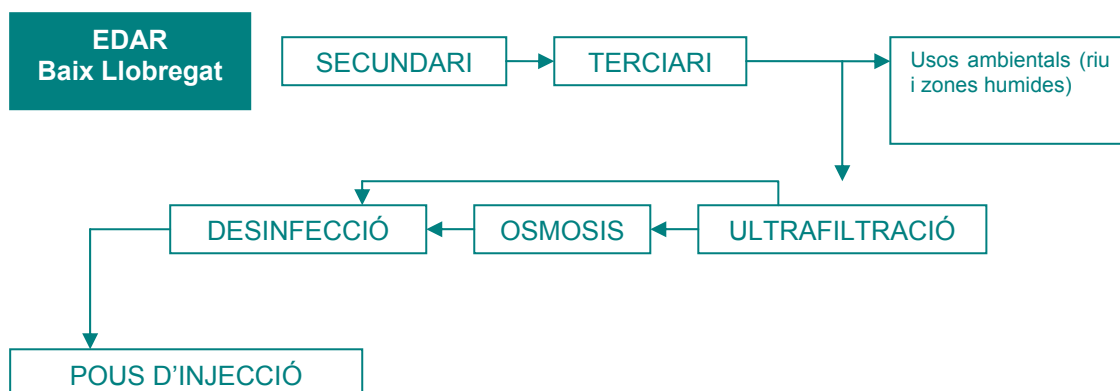


Figura 6: Tractaments avançats (terciari amb osmosis inversa) de l'aigua previs a l' injecció en l'aqüífer del Delta de Llobregat (barrera hidràulica). Font: AGBAR

La problemàtica que trobem amb l'ús de les tecnologies de membranes, és que aquestes tecnologies exigeixen d'una qualitat molt constant i específica per poder funcionar. Les tecnologies de membranes requereixen de tractaments previs, per exemple en una osmosis s'han d'evitar incrustacions o embús del procés, per això es col·loca una ultrafiltració.

La gestió de les aigües de clavegueram poden provocar un alt risc a les EDARs per la possibilitat de rebre contaminants que produeixin fallades en els processos, principalment biològics, la qual cosa repercuteix en problemes inevitables per als tractaments terciaris. Aquesta situació pot provocar que la producció d'aigua regenerada no estigui garantida de manera continuada i per tant comporta que el risc de no subministrar aigua s'hagi de considerar.

D'altra banda, la utilització de les tecnologies de membranes, demanden d'un personal altament capacitat, això comporta un cost de personal constant al llarg de l'any la qual cosa incrementa significativament el cost total del metre cúbic quan la producció d'aigua regenerada és baixa. En el cas d'utilitzar aigua regenerada pel reg s'han de complir el límit establert en el Reial Decret 1620/2007.

Les aigües que s'hagin d'emprar en el reg de parcs i jardins han de complir una sèrie de paràmetres i criteris agronòmics per tal de no alterar les condicions naturals dels sòls i les plantes, ja siguin aigües freàtiques o regenerades.

A la següent taula es mostren els criteris i requeriments agronòmics per a la qualitat de l'aigua de reg:

Problema potencial	Unitats	Cap	Grau de restricció d'ús	Sever
		Lleugera a moderada		
Salinitat (afecta disponibilitat d'aigua per al cultiu) ²				
CEa	dS/m	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
TSS	mg/l	< 450	450 – 2000	> 2000
Infiltració (redueix infiltració; avaluar usant a la vegada la CEa i el SAR) ³				
SAR = 0 – 3 i CEa	=	> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
SAR = 3 – 6 i CEa	=	> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
SAR = 6 – 12 i CEa	=	> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
SAR = 12 – 20 i CEa	=	> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
SAR = 20 – 40 i CEa	=	> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
Toxicitat d'Ions Específics (afecta cultius sensibles)				
Sodi (Na) ⁴				
Reg per superfície	SAR	< 3	3 – 9	> 9
Reg per aspersió	meq/l	< 3	> 3	
Clor (Cl) ⁴				
Reg per superfície	meq/l	< 4	4,0 – 10	> 10
Reg per aspersió	meq/l	< 3	> 3	
Bor (B) ⁵	mg/l	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
Alguns (afecta cultius sensibles)				
Nitrogen (NO3 – N) ⁶	mg/l	< 5	5,0 – 30	> 30
Bicarbonat (HCO3)				
(aspersió foliar únicament)	meq/l	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
pH				
Amplitud Normal: 6,5 – 8,4				

Taula 10: Criteris agronòmics per a la qualitat de l'aigua de reg

Font: Reial Decret 1620/2007



A continuació es descriuen i es desenvolupen els principals paràmetres a tenir en compte pel reg de zones verdes recollits a la taula 5:

Salinitat

La qualitat de l'aigua de reg depèn del contingut de sals de l'aigua; aquesta salinitat, en funció del seu contingut (CEa) i del tipus de salinitat (ions i cations que formen aquesta salinitat) pot comportar una sèrie de problemes que cal evitar. Les sals dissoltes en l'aigua de reg afecten a la disponibilitat de l'aigua a les plantes de forma que a mesura que augmenta la salinitat de l'aigua, la disponibilitat real d'aigua a les plantes és menor i per tant aquestes estan sotmeses a un estrès hídric.

Les sals que contribueixen a crear un problema de salinitat en el sòl són molt solubles i poden ser transportades fàcilment per l'aigua.

Infiltració de l'aigua

Continguts relativament alts de Sodi, o baixos en Calci poden afectar a les condicions estructurals del sòl i per tant al moviment de l'aigua dins del sòl.

Els paràmetres de l'aigua de reg que poden afectar a les propietats físiques del sòl són d'una banda la salinitat total i de l'altra la proporció de sodi respecte a la proporció de calci en les sals dissoltes en l'aigua de reg. L'efecte d'un d'aquests factors està relacionat amb l'altre, és a dir, l'efecte de la sodicitat (SAR elevat) en l'aigua de reg depèn de la salinitat d'aquesta aigua, a menys salinitat, l'efecte de la sodicitat és més alt.

Toxicitat d'ions específics

Certs ions (Sodi, Clor, Bor) continguts en el sòl o en l'aigua de reg poden arribar a acumular-se en les plantes en concentracions suficientment altes per causar danys a les plantes.

Problemes variis

Els excessos de nutrients poden afectar al creixement de les plantes i per tant a les característiques d'aquestes: així per exemple un excés de Nitrats pot produir un creixement desmesurat de les plantes provocant unes estructures vegetals poc estables o plantes més fàcilment vulnerables a l'atac de fongs o insectes.

Altres problemes poden ser deguts a la presència de bicarbonats, guix o ferro que pot provocar taques a les fulles. Finalment cal considerar la presència de materials

en suspensió que pot originar problemes en els sistemes de tractament d'aigua i en els sistemes de reg per obturació.

Definició de les actuacions

A continuació, es valoraren els tractaments necessaris per assolir amb la qualitat exigida per la normativa vigent segons el tipus d'ús i el tipus d'aigua utilitzada. Actualment, dintre del municipis amb doble xarxa, en la majoria la font d'aigua és de pou, aigua subterrània, però en els últims anys es van començar a projectar doble xarxa amb aigua regenerada. En aquest cas, els pretractaments seran més costosos per assolir els límits exigits per la normativa vigent (RD 1620/2007).

Un cop definides les possibles actuacions (veure exemple fitxa tipus) es passarà al estudi de viabilitat econòmica, on es calcularà l' inversió per poder dur-ho a terme. En aquest estudi econòmic s'ha de valorar la relació cost - benefici de les actuacions respecte a la demanda a cobrir.



1.5 Valoració de les actuacions

En aquest punt es pretén donar unes pautes a seguir per tal de poder valorar les actuacions. Primerament, s'han de definir les diferents actuacions que es poden dur a terme en cada cas particular. Per exemple, en l'aprofitament dels *recursos freàtics*, les actuacions a desenvolupar podrien ser:

- Aprofitament d'un pou per la col·locació d'un hidrant per la extinció d'incendis com per altres usos com la neteja de carrers i clavegueram.
- Aprofitament d'un pou que s'utilitza com hidrant per reg amb mànega o per ompliment de cubes d'aigua per la neteja de carrers.
- Aprofitament d'un pou amb bomba que impulsa l'aigua fins un dipòsit des d'on es reguen les zones més properes al pou.
- Aprofitament de varis pous que bombegen cap un dipòsit (desinfecció amb hipoclorit) des d'on, normalment per gravetat, s'abasten diversos sistemes de reg.

La valoració d'aquestes actuacions serien els costos de la instal·lació de la bomba, si no tenen o està en mal ús, la desinfecció amb ultraviolada en el pou, la construcció d'un dipòsit, en el cas necessari, que dependrà de la demanda a cobrir i la instal·lació dels hidrants. La longitud de la xarxa normalment serà baixa excepte en sistemes que connecten diverses zones.

D'altra banda, la valoració de les actuacions d'aprofitament d'*aigües regenerades* són més cares perquè s'han de contar tots els tractaments de membranes i pretractament que necessita la planta. S'ha de garantir una qualitat segons l'ús d'aquesta aigua regenerada (RD 1620/2007). A més, s'han de fer més anàlisis de qualitat amb proves d'alt cost pel control d'aquestes aigües.

Per últim, la valoració dels dipòsits, tant per *aigües pluvials* com *grises* varien segons de la seva ubicació, grandària, material...

1.5.1 Criteris de valoració de les infraestructures

1.5.1.1 Doble xarxa

Per tal de dur a terme la valoració d'una doble xarxa d'abastament s'han de tenir en compte tots els elements que en formen part, les canonades, els dipòsits, els equips per la desinfecció i les impulsions. Cal tenir present que aquest preu pot ser molt variable i dependrà de cada cas particular.

De forma general per tal de valorar la col·locació de canonades s'hauran de tenir present conceptes com: els moviments de terres (dependrà del tipus de sòl), la

reposició de paviments (variarà si és un carrer, una zona verda, una carretera...), la canonada a col·locar (el seu preu serà funció del tipus de diàmetre o material).

Pel que fa a la construcció d'un dipòsit, les partides o conceptes a valorar són: el moviment de terres, l'obra civil, els equipaments i els treballs elèctrics. Per últim els conceptes d'equips per a la desinfecció i les impulsions variarà en funció de les seves característiques.

Una referència d'aquests criteris de valoració de les infraestructures per a la construcció d'una doble xarxa pot ser els ratis utilitzats al Pla de Freàtiques de la Entitat Metropolitana de Barcelona. Aquestes dades s'apunten a continuació:

1. Canonades:

- Canonades de DN igual o inferior a 90 mm: 270 €/ml
- Canonades de DN superior a 90 mm però inferior a 250 mm: 350 €/ml
- Canonada de DN superior a 250 mm: 570 €/ml

2. Dipòsits (Obra civil):

- De menys de 100 m³: 900 €/m³+100.000 €
- De més de 100 m³: 500 €/m³+100.000 €

3. Desinfecció:

- Cloració a dipòsits: 42.000 €/UT
- Ultraviolats: 19.000 €/UT

4. Impulsions:

Cabal (Q) i alçada (H)	<50 m	50-100 m	100-280 m
<5 l/s	8.500 €/ut	9.500 €/ut	-
5-20 l/s	12.000 €/ut	17.000 €/ut	-
20-40 l/s	35.000 €/ut	57.000 €/ut	90.000 €/ut

Aquests preus unitaris inclouen tots els conceptes per la seva execució.

Amortització de les infraestructures

Per a calcular l'amortització de les infraestructures es va utilitzar la fórmula:

$$Cost_Amortització_anual = \frac{CTI \cdot 0,04}{1 - (1 + 0,04)^{-35}}$$

On *CTI* correspon al cost total de les infraestructures, *0,04* correspon a l'interès considerat del 4% anual i 35 els anys d'amortització considerats.



1.6 Estudi de la gestió dels sistemes d'aprofitament

Per tal d'assegurar una correcta gestió, serà necessari disposar d'un complet **Pla de manteniment i conservació de les instal·lacions**, així com d'un bon **control** de les variables tècniques d'explotació de l'abastament (conduccions, vàlvules, dipòsits, comptadors, telecontrol, bombaments, quadres elèctrics, etc.).

Per a cada una de les actuacions proposades en els diferents sistemes d'aprofitament tant per aigües freàtiques com aigües reutilitzades (aigües regenerades, pluvials, grises), cal definir la seva gestió i el seu manteniment per evitar possibles accidents o exposar a perills que poden afectar greument a la salut de qualsevol usuari.

Es consideren dintre l'àmbit tècnic tots aquells establiments, instal·lacions i equips que constitueixen els diferents sistemes de producció, emmagatzemament i distribució per l'aprofitament de recursos hídrics alternatius. S'inclouran els pous, dipòsits, equips de desinfecció, canonades, xarxes de distribució, elements de maniobra, elements especials, etc. fins als punts de lliurament establerts.

1.6.1 Doble xarxa

Les característiques generals d'un servei de gestió d'aprofitament de les aigües freàtiques i/o regenerades, segons estudis fets al Pla Director d'Aprofitament d'Aigües Freàtiques a l'Entitat Metropolitana de Barcelona, es resumeixen en els següents punts:

1. El servei s'efectuarà durant 24 hores al dia i 365 dies a l'any atenent a les necessitats dels diferents consumidors amb autorització per a consumir l'aigua no potable per l'ús previst.
2. La prestació del servei inclourà un pla director i programes d'actuacions, protocols, a més de totes les operacions d'explotació, control, conservació i manteniment, que siguin necessàries pel correcte funcionament de les instal·lacions, amb la finalitat d'assegurar el seu funcionament normal, a la capacitat establerta per a cada ús, i les condicions d'higiene i seguretat integral de les instal·lacions, vetllant per obtenir la màxima eficiència en l'operació.
3. El laboratori amb el que es treballi disposarà les certificacions necessàries obligatòries i voluntàries (ISO 9001, ISO 17025, 18000 OSHAS i ISO 14001) que avalin que la gestió del servei s'efectua emprant els recursos més adients, aplicant el principi de millora continua, respectuosos amb el medi ambient i complint amb els requeriments legals corresponents. Existint la possibilitat de

que a més de les auditories internes i externes pròpies de cadascun dels sistemes de certificació l'Entitat pugui efectuar auditories paral·leles.

4. Es disposarà d'un centre de control en funcionament les 24 h i 365 dies l'any per efectuar la maniobra i control dels diferents equips i instal·lacions de cada sistema, gestionar les alarmes i indicadors dels diferents instruments i gestionar les incidències i avisos d'avaries.
5. El personal disposarà de la formació que es requereixi per la gestió dels sistemes d'aigua no potable, tant per l'explotació ordinària, la resolució d'incidències o pels diferents manteniments a efectuar. Aquesta formació s'impartirà prèviament al inici de la prestació del servei.
6. El personal també disposarà d'informació de suport suficient i accessible. És a dir, tant la informació general (protocols d'actuació, plànols, esquemes, telèfons, detalls en instal·lacions més crítiques, etc), pel personal més estratègic, com de les instruccions tècniques d'operació per aquells que actuen directament sobre els diferents elements (mecànics, elèctrics, electrònics, etc).
7. S'implantaran i mantindran sistemes informàtics de gestió, i sempre que sigui tècnica i econòmicament viable, s'efectuarà la interrelació o la seva integració entre ells amb la finalitat d'efectuar una gestió eficient de tots ells. Aquests sistemes contemplaran la gestió de:
 - Plans de manteniment (avisos diaris automàtics amb les actuacions de manteniment previstes al llarg de la jornada de treball).
 - Equips existents (relació de jerarquia, característiques tècniques, antiguitat, etc).
 - Aprovisionament (consumibles recanvis, noves adquisicions, proveïdors, etc.).
 - Recursos humans.
 - Variables econòmic financeres.
 - Georeferenciació, permetre la ubicació en el territori dels diferents elements que conformen les diferents infraestructures.
 - Gestió d'incidències.
 - Gestió documental.
8. Es mantindran totes les instal·lacions sotmeses a la reglamentació específica, si be prèviament s'haurà d'efectuar un inventari de la situació real i adoptar les correccions que siguin necessàries per la seva adequació legal abans del inici de la prestació del servei.



9. Es tindrà en compte la seguretat de les persones, la seguretat de les instal·lacions, la seguretat del medi ambient, i la seguretat patrimonial:
- La seguretat de les persones pel que fa a proteccions col·lectives i individuals, per la qual cosa s'ha de mantenir en tot moment les condicions de seguretat i salut per a les persones a l'interior de les Instal·lacions, d'acord amb la normativa vigent elaborant, a inici de l'explotació, un Pla de Seguretat i Salut.
 - Donat que es preveu l'accés de tercers que intervinguin en el subministrament de matèries primeres o de subproductes, si fossin necessaris, o realitzin serveis diversos (manteniment, neteja). L'accés d'aquests tercers serà regulat pels ajuntaments, qui establirà el règim de restriccions i autoritzacions corresponents, així com la Coordinació de Seguretat i Salut que correspongui.
 - La seguretat de les instal·lacions en el compliment dels diferents reglaments de seguretat industrial que siguin d'aplicació en cada cas.
 - La seguretat del medi ambient. Amb la gestió dels residus o de les emissions i abocaments que es produeixin.
 - La seguretat patrimonial pel que fa referència al control d'accessos o mesures contra d'intrusisme. Es preveuran els mitjans adequats per efectuar el control d'accessos a les Instal·lacions.
10. Els ajuntaments assumiran la responsabilitat per danys i perjudicis que es poguessin ocasionar derivats del funcionament de les instal·lacions, de la seva forma d'explotació o d'accidents, contractant a aquest efecte pòlisses d'assegurança amb cobertura suficient per a quants danys es poguessin ocasionar a les persones i a les coses. En aquest sentit es subscriuran les següents cobertures:
11. Es gestionarà adequadament la disponibilitat dels materials necessaris per al manteniment de les instal·lacions i equips, per fer front a eventualitats que es pugui presentar en el lliurament de productes per als respectius abastadors i no afectar al servei.
12. Es garantirà la disposició del personal degudament qualificat les 24 hores del dia durant els 365 dies al any per assumir les actuacions de major criticitat i que requereixen respostes immediates. Aquestes persones estaran sempre localitzables gracies a una estructura de personal de torn i/o guàrdies planificades i a un/s departament/s de recepció de trucades sent localitzables mitjançant mòbil i/o emissora de radio.

Entre el personal operatiu es comptarà amb responsables de prevenció de riscos que vetllin pel compliment dels requisits de prevenció de riscos en totes les operacions que així ho requereixin.

Actuacions d'explotació

Consistiran en l'operació de les instal·lacions mitjançant una gestió integrada de sistemes, el control de la qualitat de l'aigua i la gestió comercials amb clients.

Gestió integrada de sistemes

Com a elements bàsics d'operació es proposa la gestió integrada del sistema disposant com a eines bàsiques l'actuació combinada d'un centre de control centralitzat en la mesura que els equips existents ho permetin conjuntament amb una operació sobre terreny per atendre les necessitats de regulació i gestió in situ. A més d'un estudi de recerca sistemàtica de fuites.

Control i qualitat de l'aigua distribuïda

El disseny i execució del pla analític de control de la doble xarxa

S'elaborarà un pla per aconseguir un control analític exhaustiu per caracteritzar acuradament la qualitat de l'aigua extreta i servida a l'usuari a les diferents èpoques de l'any. Per la definició del pla analític es consideraran els requeriments del Real decret 1620/2007 corresponent a la reutilització d'aigües depurades i el Reial Decret 865/2003 i Decret 352/2004 corresponents a les condicions higièniques - sanitàries per a la prevenció i el control de la legionel·losi així com les normes de bones practiques que es considerin aplicables.

A partir del segon any d'explotació, la planificació de les analítiques, número de mostres i paràmetres a controlar podrà variar en funció dels resultats obtinguts en aquest període.

Per el control d'aigües provinents de regeneració la planificació dels anàlisi podrà ser modificada en els següents supòsits (*Anexo I.C: Evaluación de la calidad de las aguas regeneradas*):

- Després d'un any de control es podrà presentar una sol·licitud motivada per reduir la freqüència d'anàlisis fins un 50%, per aquells paràmetres que no sigui probable la seva presència a les aigües.
- Si el número de mostres amb concentracions inferiors als Valors Màxims Admissibles (VMA) es inferior al 90% de les mostres durant controls d'un trimestre, es duplicarà la freqüència de mostreig per al període següent.



- Si el resultat d'un control supera al menys en un dels paràmetres els rangs de desviació màxima establerta, la freqüència de control del paràmetre que superi els rangs de desviació es duplicarà durant la resta d'aquest trimestre següent.

Sistemes alimentats exclusivament per aigua freàtica

Inicialment s'analitzaran mensualment en els punts de mostreig que es determinin els següents paràmetres: conductivitat, pH, Clor lliure i combinat on es desinfecti amb Clor, Identificació de Coliformes i Patògens a 22°C.

Anualment s'analitzarà també els clorurs, sulfats, nitrats, bor, sodi, potassi, olor i color i es farà un control de legionel·la en la instal·lació, segons s'estableix a la normativa vigent per a les instal·lacions de baix risc.

Sistemes alimentats total o parcialment per aigua regenerada

El control es realitzarà al punt d'entrada al sistema i al punt de lliurament a l'usuari.

Es considera que l'ús d'aquesta aigua serà urbà i en concret per reg de zones verdes i neteja de carrers, segons s'estableix al Real Decret 1620/2007. En funció de l'ús es requereixen uns o altres criteris de qualitat a complir i seran els paràmetres que el laboratori analitzarà. Entre aquests paràmetres destaquen:

-
- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| • Nitrogen total | • Nematodes intestinals |
| • Fòsfor total | • <i>Escherichia coli</i> |
| • Nitrats | • Sòlids en suspensió |
| • Metalls | • Turbidesa |
| • Contaminants orgànics | • Legionel·la |
-

I les freqüències d'anàlisi per a l'ús urbà de les aigües regenerades seran les següents:

Paràmetres	Freqüència
Nematodes intestinals	Quinzenal
<i>Escherichia coli</i>	2 cops setmana
Sòlids en suspensió	Setmanal
Terbolesa	2 cops setmana
Nitrogen total	-
Fòsfor total	-

Taula 11: Taula amb l'avaluació de la qualitat de les aigües regenerades segons RD 1620/2007

Protocol d'actuació

Les mesures d'actuació en cas de no conformitat amb la qualitat de l'aigua, s'establirà un mecanisme de comunicació per informar els ajuntaments de qualsevol resultat analític amb valors fora dels límits establerts. Aquesta comunicació que es farà en un temps no superior a 24 hores permetrà emprendre accions per la presa de contramostres i si fos el cas analitzar l'origen de la desviació.

Manteniment de les instal·lacions

Es definiran els diferents manteniments a efectuar així com les estratègies a seguir en funció de la tipologia de la instal·lació, de la seva ubicació i del efecte que pugui tenir sobre el servei del transport i distribució de l'aigua no potable en els diferents sistemes a gestionar. Ara bé per poder fer efectius els diferents tipus de manteniment inclosos en el servei i previ al inici d'aquest, s'hauran d'efectuar una sèrie accions amb la finalitat de conèixer l'estat de les instal·lacions, equips, establiments i recintes i efectuar les correccions necessàries.

Els diferents manteniments que es podran efectuar seran:

1. **Manteniment preventiu** de les principals actuacions característiques de la doble xarxa:
 - Actuacions a pous i equips de desinfecció UV



- Actuacions a dipòsits i sistema de cloració
- Actuacions a estacions elevadores
- Actuacions a xarxa i elements especials

2. Manteniment correctiu

Detecció d'avaries i gestió d'avisos

3. **Manteniment predictiu:** és el manteniment programat que condiciona la realització del manteniment de l'equip al coneixement d'un o varis paràmetres determinats, dels que es realitza un seguiment periòdic o continu (vibracions, aïllaments, consums...). S'han d'establir uns controls rutinaris associats a cada tipus d'equip amb les actuacions predictives (controls de diferents paràmetres) a realitzar on es puguin interpretar els resultats obtinguts, i planificar actuacions en els equips, abans de que aquests puguin quedar fora de servei per averia.
4. **Manteniment legal:** és el manteniment programat obligatori que les disposicions legals sobre seguretat d'equips i instal·lacions industrials obliguen que han de realitzar-se de forma periòdica per personal propi o per empreses autoritzades i inspeccionades per part de Entitats Oficials de Control.
5. **Manteniment modificatiu:** és el manteniment que té per objecte canviar, variar o modificar les característiques pròpies de la instal·lació, per a realitzar un millor manteniment, incrementar la producció, qualsevol tipus de millora que augmenti la qualitat de la instal·lació.

1.6.2 Altres actuacions

Les actuacions d'explotació consistiran en l'operació de les instal·lacions mitjançant una gestió integrada de sistemes, el control de la qualitat de l'aigua i la gestió comercials amb clients.

Caldrà disposar d'un sistema d'informació de manteniment que incorpori les següents funcionalitats:

- Inventari d'instal·lacions.
- Pla de manteniment programat.
- Registre d'actuacions preventives realitzades a cada equip amb el detall de la informació associada a cada actuació.
- Gestió d'avisos.
- Gestió del manteniment correctiu (avisos, avaries i reparacions amb les seves dades associades de ubicació, data, etc.).
- Control de la qualitat de l'aigua.

- Sistemes de comunicació amb terminals portàtils.
- Sistema de documentació tècnica (protocols, instruccions tècniques, procediments, etc).

La proposta de millores en les instal·lacions existents es basarà en:

- L'experiència en la gestió,
- Les anomalies sorgides en el període d'explotació,
- L'aparició de noves tecnologies,
- L'adaptació a nous requeriments establerts per les diferents disposicions legals que siguin d'aplicació en els diferents municipis.



1.7 Aplicació d'ordenances per a l'estalvi d'aigua

Des de fa anys, nombrosos municipis a Catalunya estan treballant per poder dur a terme una gestió sostenible dels seus recursos hídrics no potables, però va ser l'any 2002 quan el municipi de Sant Cugat va redactar la seva primera ordenança municipal per l'estalvi d'aigua. Posteriorment, l'any 2005, la Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat va publicar un model d'Ordenança municipal d'estalvi d'aigua a adaptar i aplicar per part dels municipis.

L'objecte d'una **Ordenança municipal d'estalvi d'aigua** és regular tant la incorporació com la utilització de sistemes d'estalvi d'aigua i adequar la qualitat de l'aigua a l'ús que se'n faci als edificis i construccions, i determinar en quins casos i circumstàncies serà obligatòria.

Podeu descarregar-vos el model d'Ordenança a: <http://bit.ly/o2fqOD>

El contingut, en general, de totes les ordenances municipals d'estalvi d'aigua inclouen les següents **proposades de mecanismes estalviadors i millors tecnologies disponibles**.

1. Comptadors individuals
2. Reguladors de pressió de l'entrada d'aigua
3. Mecanismes estalviadors
 - Reductors de cabal
 - Aixetes
 - Mecanismes per a cisternes d'urinaris i inodors
 - Mecanismes per a processos de neteja
4. Captadors d'aigua de pluja
5. Reutilitzadors de l'aigua sobrant de piscines
6. Reutilitzadors d'aigües grises
7. Sistemes d'estalvi en jardins

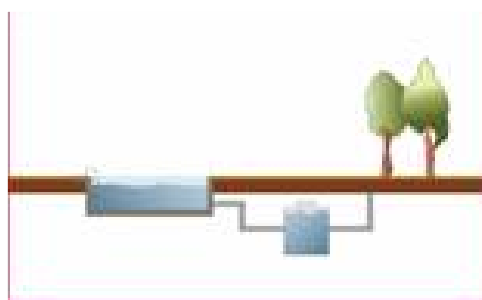
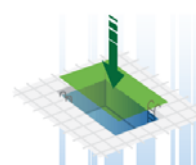
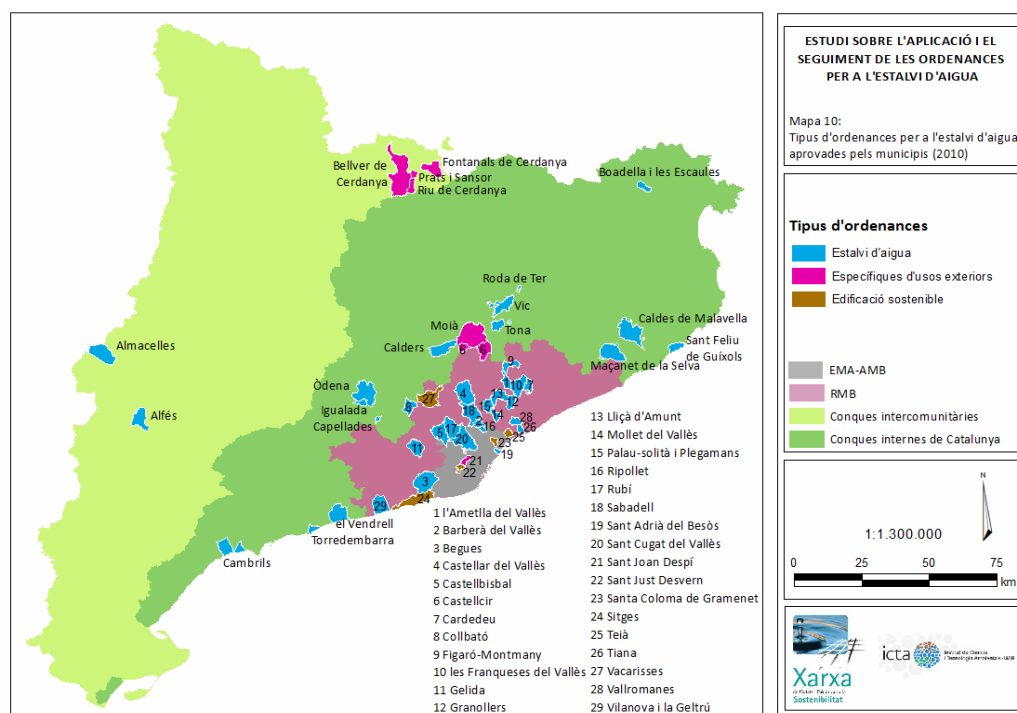


Figura 7: Sistemes d'estalvi i reaprofitament d'aigua inclosos en les ordenances d'estalvi d'aigua. Font: Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat

Aquest tipus de mesures d'estalvi s'apliquen únicament en els edificis de nova construcció i/o en grans rehabilitacions, tant municipals com privats.

Els darrers anys es van fer diferents estudis on es va demostrar que les normatives legals són un instrument molt valuós per a fomentar l'estalvi d'aigua. No obstant això, per tal que siguin efectives han de formar part d'una estratègia global, han d'estar adaptades a la realitat del municipi i han de comptar amb una dosi elevada de voluntat política i de consens.

Recentment, la Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat ha publicat l'**Estudi sobre l'aplicació de les Ordenances d'estalvi d'aigua a Catalunya**: segons l'estudi, a començaments de l'any 2011, 50 municipis catalans havien aprovat una ordenança per a l'estalvi d'aigua (veure figura).



Il·lustració 4: Municipis que han aprovat ordenances per a l'estalvi d'aigua

Font: Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat

En conjunt, la població dels municipis amb ordenança suma més d'1,2 milions d'habitants i representa un 16% de la població catalana (2010).

Podeu descarregar-vos l'Estudi a: <http://bit.ly/nmlx5v>

Les ordenances per a l'estalvi d'aigua vigents tenen diferents graus d'exigència.

La majoria de municipis contemplen l'aprofitament de les aigües pluvials, mentre que la meitat pren en consideració la reutilització de les aigües grises. La



instal·lació de reductors de cabal a les aixetes i dutxes i de mecanismes estalviadors a les cisternes dels vàters ha esdevingut una obligació genèrica amb l'entrada en vigor del Codi Tècnic de l'Edificació (març del 2006) i del Decret d'Ecoeficiència (febrer del 2006).

És important que els municipis adaptin les ordenances d'estalvi d'aigua a la seva realitat, especialment a la tipologia urbanística, ja sigui dispersa o compacta. La captació de les aigües pluvials presenta un major potencial en municipis amb una tipologia urbanística difusa mentre que els sistemes de reutilització d'aigües grises són d'especial interès en municipis amb una tipologia compacta per motius d'economies d'escala.

Els tècnics municipals són conscients que, per tenir èxit, és molt important explicar l'ordenança a la població en general i, en particular, als responsables de la seva aplicació. El millor exemple en aquest sentit ha estat el procés de participació que des de l'Ajuntament de Sabadell es va dur a terme durant un any i mig per discutir amb tots els actors implicats l'esborrany elaborat des de medi ambient, i que prèviament s'havia consensuat amb urbanisme i parcs i jardins. El resultat ha estat un text acceptat per tothom.

La majoria de municipis no disposen d'un registre específic de les llicències afectades per l'ordenança, la qual cosa indica una certa manca de seguiment. En aquest estudi s'han aconseguit dades de 18 municipis i s'han comptabilitzat 695 llicències que compleixen l'ordenança, de les quals més de la meitat (363 llicències) han hagut d'incorporar un sistema de captació d'aigües pluvials.

Una de les principals dificultats, al parer dels tècnics, és el control del funcionament dels sistemes d'aprofitament de recursos no potables instal·lats als municipis, degut a la manca de capacitat d'inspecció dels consistoris.

En aquest sentit, pensen que hauria de ser una entitat externa l'encarregada de verificar el bon funcionament dels equips. Resulta especialment problemàtic el manteniment dels sistemes de reutilització d'aigües grises. Per això, els tècnics proposen solucions diverses com ara allargar el contracte de manteniment a més de 2 anys, implantar el control telemàtic de les instal·lacions per tal de detectar les avaries de forma immediata o bé crear un servei de diagnosi amb l'objectiu d'identificar possibles problemes en el funcionament dels sistemes.

Altres problemàtiques expressades pels tècnics municipals són de caire econòmic, com ara la percepció de l'ordenança com una trava econòmica, per part dels promotors, o la dificultat que tenen els usuaris per visualitzar l'estalvi d'aigua que representa.

Els tècnics municipals senyalen que és molt difícil estimar l'estalvi d'aigua generat per l'aplicació de l'ordenança: la meitat pensen que en els propers 10 anys serà d'entre un 5 i un 15%, però alguns tècnics consideren que pot arribar al 30% gràcies a l'aprofitament de les aigües regenerades procedents d'EDAR i/o de les aigües freàtiques.

L'estudi ha calculat, a nivell teòric, l'estalvi d'aigua que representaria l'aplicació de l'ordenança en tres models d'habitatges: unifamiliars amb jardí, plurifamiliars amb jardí comunitari i plurifamiliars sense jardí. En aquests tipus d'habitatges, en els quals el consum domèstic se situa en 207 litres per persona i dia (lpd), 160 lpd i 126 lpd respectivament, s'han estimat estalvis de 76, 65 i 48 lpd, respectivament.

El potencial d'estalvi calculat implica que, si l'aplicació de l'ordenança es fes extensiva a tots els edificis, l'estalvi d'aigua aconseguit a nivell municipal seria significatiu i, d'altra banda, prou interessant per obrir una nova línia d'investigació en aquest camp.

En conclusió, s'ha demostrat que les normatives legals són un instrument molt valuós per a fomentar l'estalvi d'aigua. No obstant això, per tal que siguin efectives han de formar part d'una estratègia global, han d'estar adaptades a la realitat del municipi i han de comptar amb una dosis elevada de voluntat política i de consens. L'ordenança per a l'estalvi d'aigua és una realitat a molts municipis catalans i ho hauria de ser en molts d'altres, en un necessari progrés conjunt cap a la sostenibilitat.

En el futur es preveu revisar el model d'Ordenança per part de la Xarxa, fruit de les conclusions d'aquest estudi.

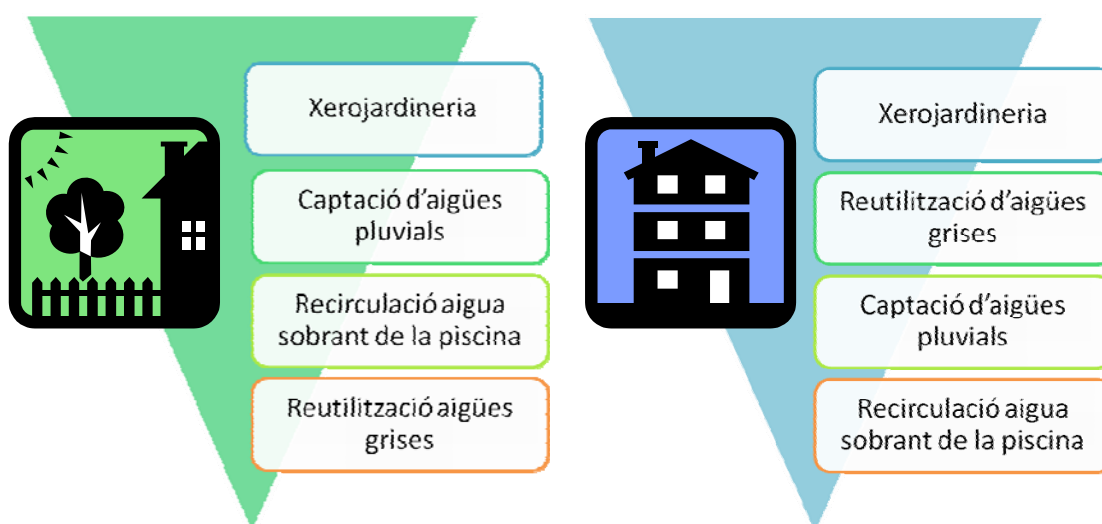


Figura 8: Priorització de les mesures de substitució en funció del model urbà
Font: Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat



EXEMPLES D'EXPERIÈNCIES DE LA DOBLE XARXA:

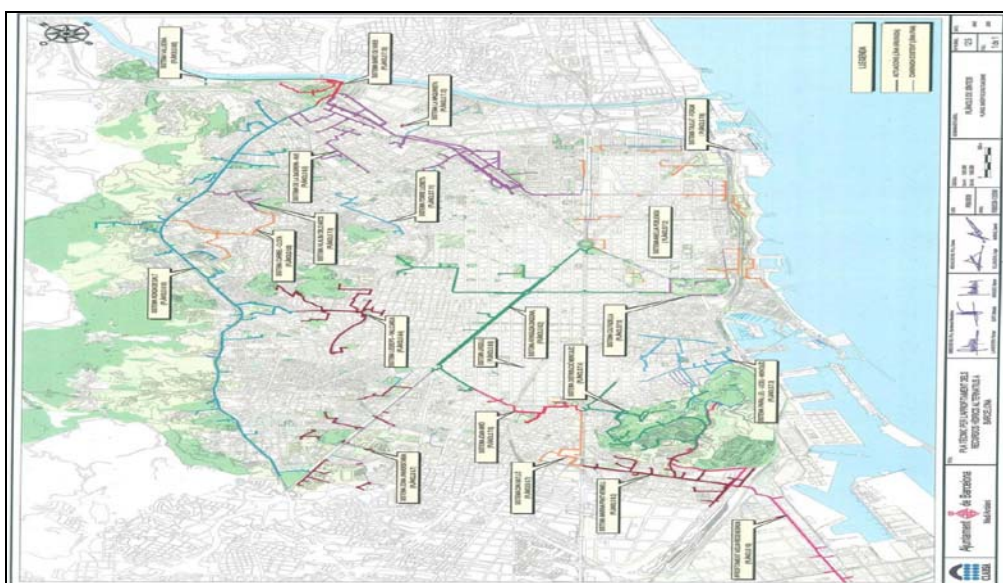
1. Aprofitament d'aigües freàtiques

Ajuntament de Barcelona

En el cas de l'Ajuntament de Barcelona, es reguen la major part de la seva zona verda amb aigua freàtica. L'ajuntament disposa d'un Pla Director on es va definir la doble xarxa subdividida en diferents sistemes.

El Pla posa de manifest que la quantitat de recursos existents potencialment explotables és important, tant des del punt de vista de recursos del freàtic (fins a un màxim d'11 hm³/any), com del ferrocarril metropolità (3 hm³/any) i de l'aigua regenerada a la planta depuradora del Prat (2,6 hm³/any).

El Pla fa evident que actualment hi ha demandes pels serveis municipals que poden ser abastades amb recursos disponibles que es quantifiquen en un màxim de 3,73 hm³/any. Per la seva part la demanda no municipal de recursos alternatius a l'aigua potable podria arribar a 2,45 hm³/any, i per tant, el conjunt total seria de 6,18 hm³/any.



Il·lustració 5: Mapa amb les xarxes de reg amb aigua freàtica de Barcelona

Font: Pla tècnic per l'aprofitament dels recursos hídrics alternatius a BCN, CLABSA



Ajuntament de Badalona

L'Ajuntament de Badalona també disposa d'un Pla Director d'Aigües Freàtiques. Els objectius d'aquest Pla van ser proveir el 72 % de les aigües utilitzades per al reg del verd urbà amb aigües subterrànies durant els propers anys, i abastar el 100 % de les aigües utilitzades per a la neteja dels carrers i del clavegueram amb aigües subterrànies.

Sistema	Any	Carcterístiques	Tractament	Usos associats	Superfície m ²
La Baixadeta	2003	Bombament directe a reg + tractament	UV	Parc la Ba xadeta	3.718
Can Barriga	2003	Disoèit de 135 m3 + tractament – distribució	Clor	Parc Can Barriga	5.000
				Horts i Jardins E.Can Barriga	5.000
				Parc Nelson Mandela (2006)	7.000
				Hidrant	-
Ca l'Arnús	2005	Bassas – distribució directa	Clor	Parc Can Soler (2008)	35.000
				Parc Ca l'Arnús (2005)	80.000
				Riera Canyado (2009)	-
Torre Codina	2006	Mina – dispositiu + distribució i una part corresponent a perduts ATLL	-	Horts urbans Torre Codina	-
Enginyer Dolofeu	2009	Dispositiu de 120 m3 + tractament – distribució	Clor	Hidrant	-
				Parc Enginyer Dolofeu	2.014
Sant Salvador	2010	Bombament directe + tractament	UV	Parc Sant Salvador	600
Montigalà	2003 - 2011	Dispositiu de 250 m3 + tractament i distribució	Clor	Hidrant	-
				Parc G-5 (2008)	35.694
				Clor Palmera (final 2012)	4.391
				Puigfred (f. 2010)	1.268
				Rbla. Sant Joan (f. 2010)	9.205
				Nova Lloreda (f. 2010)	10.000
				Montigalà (2011)	80.394
				Horts Urbans Can Cabanyes (2011)	-
Muntanyetes (2011)					17.334
Superfície servida a desembre de 2010					193.654
Superfície Total prevista a desembre 2011					297.042

* Superfície orientada a la totalitat de parc o àmbit.

Taula 12: Resum de les actuacions realitzades l'any 2010 amb les seves característiques i superfície abastada a Badalona. Font: Ajuntament de Badalona

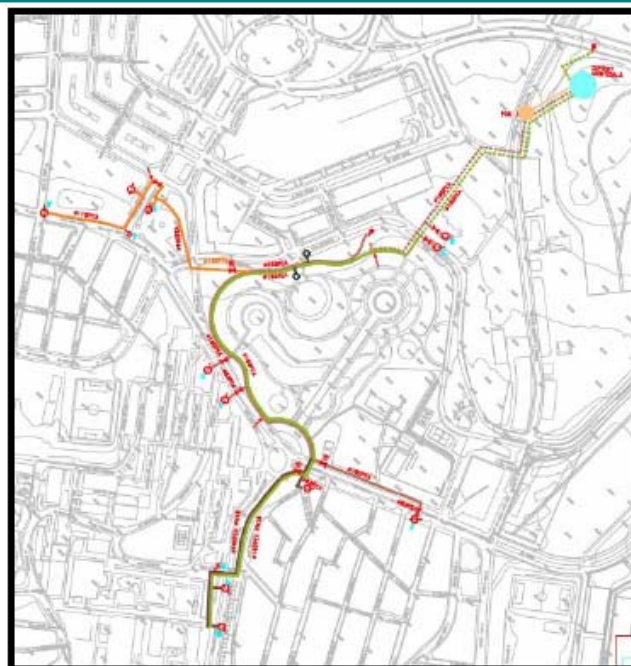


Figura 9: Xarxa de distribució des del dipòsit de Montigalà a Can Cabanyes a Badalona
Font: Ajuntament de Badalona

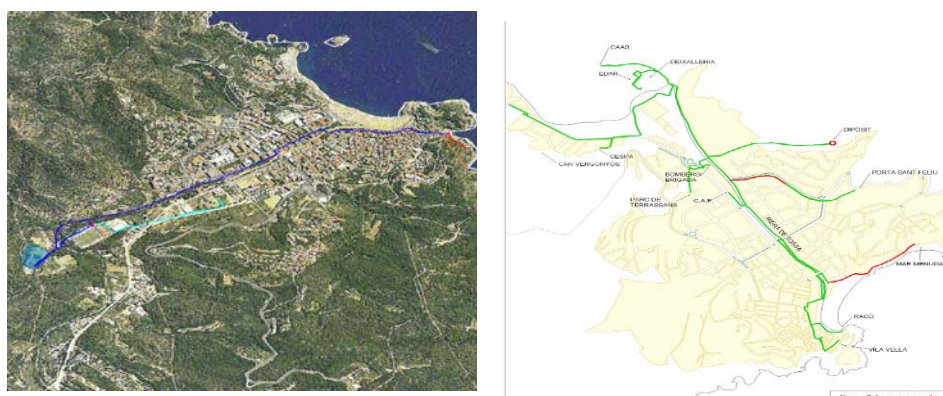
2. Aprofitament d'aigües regenerades

Ajuntament de Tossa de Mar

Des de l'any 2007 a Tossa de Mar i Lloret de Mar es fa servir l'aigua regenerada pel reg de camps de golf i zones agrícoles. Actualment, també es fa servir aquesta aigua per cobrir les seves demandes de reg amb una doble xarxa dins dels municipis.

La xarxa d'aigua regenerada a Tossa de Mar està formada per tubs de polietilè d'un diàmetre inicial de 160 mm i té una longitud total de 5.500 metres (2009). El volum d'aigua contingut entre la sortida del dipòsit de l'EDAR i el darrer punt de la xarxa actual és de 36 m³. Al llarg de la xarxa es troben repartides diferents boques de reg amb mànega, a més de dos hidrants i de diverses zones de reg per degoteig soterrat i de reg per difusors de raig.

La finalitat de la xarxa d'aigua regenerada és, de moment, permetre el reg d'una part dels jardins municipals amb un recurs diferent de l'aigua potable, així com el d'ajudar a la restauració ecològica dels dos marges de la riera en el seu tram urbà.



Il·lustració 6: Xarxa d'aigua regenerada a Tossa de Mar.

Font: Ajuntament de Tossa de Mar

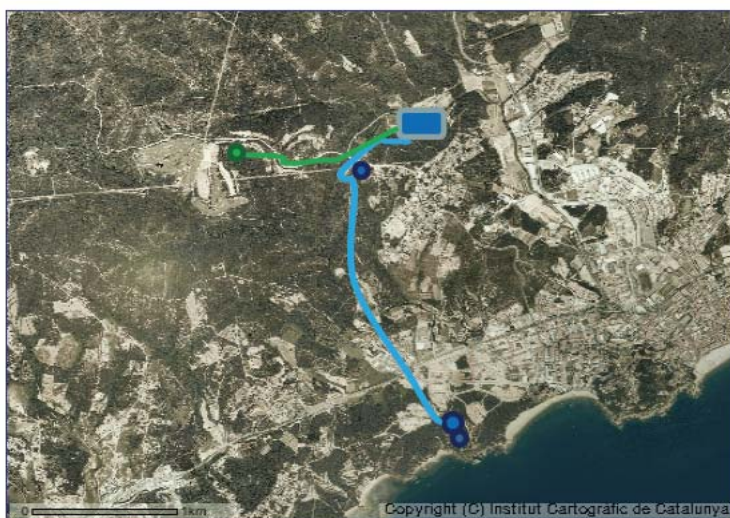
L'aigua regenerada produïda a l'EDAR de Tossa de Mar compleix de manera regular els criteris sanitaris de qualitat per al reg de jardineria (RD 1620/2007). Els seus sistemes de desinfecció han assegurat l'absència d'*Escherichiacoli* en el 100% de les mostres d'aigua regenerada analitzades i, a més, el risc de legionel·la entra dins del que la guia considera com a baix. Però, cal instal·lar punts de recloració per garantir clor residual en tota la xarxa i s'afegeix una concentració determinada d'oxigen dissolt en tot moment per evitar l'aparició de males olors en el moment del reg.

La xarxa d'aigua regenerada a Lloret de Mar comença a l'arqueta 21, on es troben les bombes d'impulsió, i té un recorregut total de 4.700 metres fins als dipòsits dels Jardins de Santa Clotilde, amb un volum total de 325 m³.



Des de l'arqueta 21, l'aigua és enviada a un antic dipòsit d'aigua potable de 56 m³ de capacitat (D1), que fa de dipòsit d'alimentació de la xarxa, mitjançant una canonada de polietilè de 180 mm de diàmetre i de 1.800 metres de longitud. A partir d'aquest dipòsit, l'aigua baixa per gravetat per una canonada de polietilè de 200 mm de diàmetre que recorre 2.200 metres fins a la primera rotonda de l'Avinguda de la Vila de Blanes, a l'entrada de Lloret. En aquest punt, enllaça amb una altra canonada de 160 mm de diàmetre i de 700 m de llargada que arriba fins els dos dipòsits dels Jardins de Santa Clotilde, de 140 m³ de capacitat cadascun, dels quals en aquests moments tan sols n'hi ha un en servei (D2).

L'aigua surt del dipòsit també per gravetat cap a la xarxa de reg dels jardins, formada tant per aspersors com sistemes de degoteig.



Il·lustració 7: Xarxa d'aigua regenerada a Lloret de Mar.

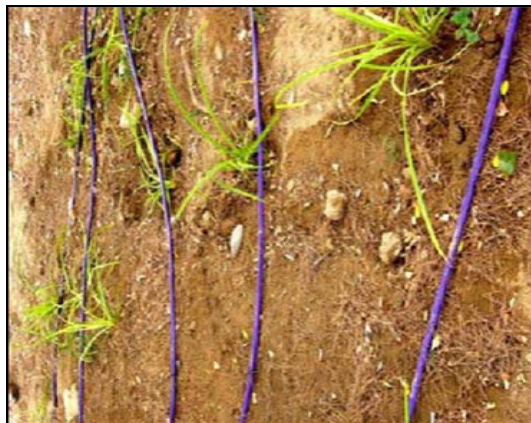
Font: Jornada Xarxa Aigües regenerades , Ajuntament Lloret de Mar



Il·lustració 8: Vista general del dipòsit dels Jardins de Santa Clotilde (esquerra) i detall del jardins regats a Lloret de Mar.

Font: Jornada Xarxa Aigües regenerades , Ajuntament Lloret de Mar

Els elements de seguretat que es van fer a la xarxa regenerada, tant a Tossa de Mar com a Lloret de Mar, va ser la utilització de canonades de color morat (Pantone 522C o similar) i cinta senyalitzadora per a transport d'aigua regenerada, a fi de diferenciar-les visualment de manera ràpida i inequívoca de la xarxa d'aigua potable.



Il·lustració 9: Xarxes de color morades per identificar la xarxa d'aigua regenerada a Tossa de Mar. Font: Jornada Xarxa Aigües regenerades , Ajuntament Tossa de Mar

A més d'utilitzar una pressió de treball inferior a la xarxa d'aigua potable, per tal que en cas d'interconnexió fortuïta sigui l'aigua potable la que entri a la d'aigua regenerada, i no a la inversa. A més, es va fer una observació de les distàncies mínimes entre canonades d'un i altre tipus i col·locar elements addicionals indicatius.

La depuradora de Tossa de Mar està formada pels següents elements de tractament de l'aigua regenerada:

- Una línia amb un tanc de coagulació i un de floculació, en la que es dosifiquen policlorur d'alumini i polielectrolit aniònic, respectivament.
- Un decantador lamelar. A la sortida del decantador es realitza una primera dosificació d'hipoclorit sòdic per iniciar el procés de desinfecció i per evitar la formació d'algues en les etapes posteriors del tractament.
- Un filtre de sorra de neteja en continu.
- Un equip de desinfecció de llum ultraviolada.

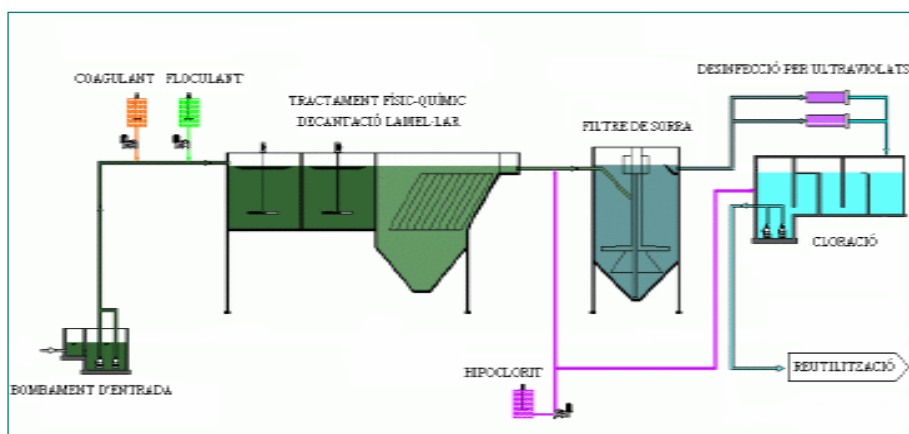


Figura 10: Esquema del tractament de l'EDAR a Tossa de Mar.

Font: Jornada Xarxa Aigües regenerades , Ajuntament Tossa de Mar



Il·lustració 10: Vistes en detall dels tractaments d'aigua regenerada de L'EDAR a Tossa de Mar.

Font: Jornada Xarxa Aigües regenerades , Ajuntament Tossa de Mar

Ajuntament de Viladecans

Des de fa anys, en el municipi de Viladecans es van interessar en aprofitar recurs alternatius com l'aigua regenerada de la depuradora de Viladecans.

L'Ajuntament va encarregar fer un projecte de recuperació d'aquestes aigües depurades pel reg de les zones verdes i la neteja dels carrers, aleshores es disminuirà el consum d'aigua potable, i per tant, s'estalviarà aigua.

Les actuacions realitzades han estat la construcció d'una xarxa de distribució de 7.500 metres, dos dipòsits, la connexió de 3 pous, i la construcció d'un tractament terciari per adequar l'aigua de la EDAR al reg i neteja viària.

Malgrat tot això, aquesta aigua encara s'utilitza pel reg de les zones verdes del municipi de Viladecans, però s'espera posar en marxa aquesta xarxa en els pròxims anys perquè segons les analítiques de l'ERA compleixen amb tots els límits que marca el Real Decret 1620/2007.

Ajuntament de Terrassa

Un altre exemple, és la reutilització de les aigües de l'EDAR de Terrassa - Els Fonts amb un tractament terciari avançat. La planta consta amb les següents etapes de tractament:

- Coagulació - floculació,
- decantació,
- filtració,
- electrodiàlisis reversible i
- desinfecció.

Figura 11: Processos de tractament físic – químic a Terrassa – Les Fonts

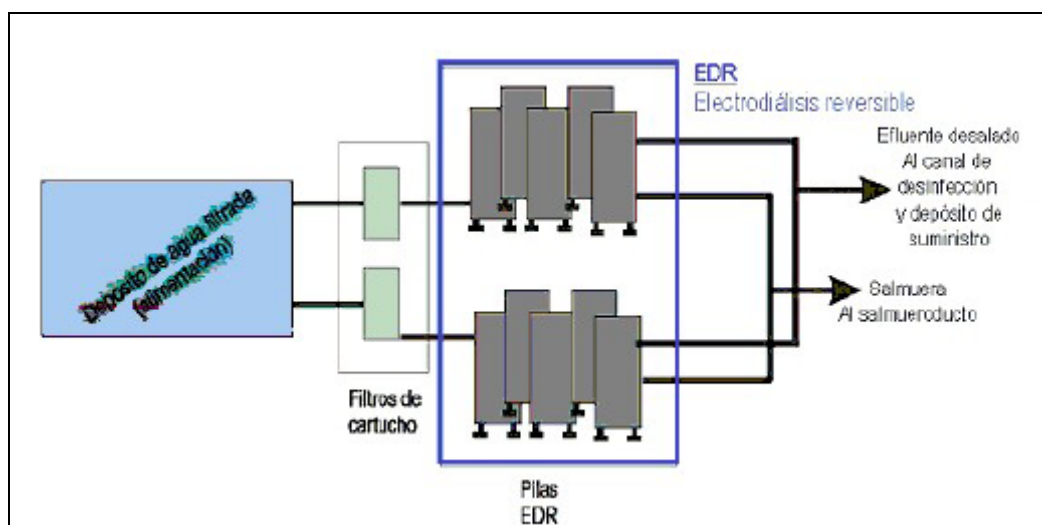
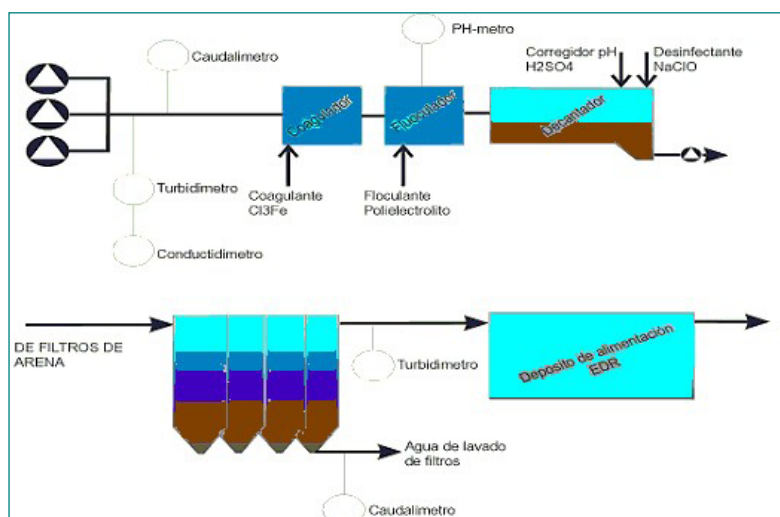


Figura 12: Procés del tractament terciari a Terrassa – Les Fonts amb membranes d'electrodiàlisi reversible (EDR). Font: Ajuntament de Terrassa

La posada en explotació de la planta es va produir l'any 2004 i l'explotació en els últims anys ha garantit el subministrament d'aigua regenerada, mantenint el dipòsit d'emmagatzematge en mitjana del 90% de la seva capacitat i complint amb les exigències de qualitat.



3. Recàrrega d'aqüífers amb aigües regenerades

Consorci Costa Brava

Un altre ús d'aprofitament de les aigües regenerades a nivell municipal des de fa un temps és l'ús ambiental. Aquest ús, que es comença a treballar molt en els últims anys (períodes de sequera), es la utilització d'aigües regenerades per a la recàrrega d'aqüífers tant per millorar els problemes de quantitat com per millorar la qualitat de les aigües dels aqüífers amb l'objectiu de complir amb la Directiva Marc de l'Aigua (200/60/CE).

La reutilització d'aigua residual permet recuperar cabals que actualment són abocats al mar i, per tant, guanyar recurs. Alhora, terra endins, la regeneració d'efluents secundaris suposa una millora de qualitat en l'abocament i, per consegüent, sobre el medi receptor. La recàrrega d'aqüífers amb aigua regenerada permet la millora de la qualitat del recurs emmagatzemat i, per tant, del recurs disponible. Finalment, la reutilització sol contribuir també a una optimització dels sistemes de depuració.

Les actuacions que s'han proposat a curt termini dins del Pla de Reutilització d'Aigua a Catalunya (PRAC) són, per exemple, la recàrrega d'aqüífers en els següents municipis de la Costa Brava: Port de la Selva, Colera i Llança, així com a Tordera.

A la taula 8 es resumeix aquests diferents àmbits on es proposa fer aquest tipus d'actuació:

ÀMBITS	Tipus de recàrrega	Comarca	Aqüífer recarregat
Colera	Recàrrega induïda	Alt Empordà	Al·luvial de la riera de Colera
Llança	Recàrrega induïda	Alt Empordà	Al·luvial de la riera de Llança
Port de la Selva	Recàrrega induïda	Alt Empordà	Al·luvial de la riera de Port de la Selva
Tordera	Pous d'injecció	Maresme	Aqüífer de la Baix Tordera

Taula 13: Quadre resum dels municipis on s'està fent recàrrega o es farà a curt termini amb el tipus de recàrrega

4. Dipòsits d'aigües pluvials

Des de fa anys molts municipis van construir dipòsits pluvials per l'aprofitament d'aquest recurs a nivell de la xarxa de reg municipal, a més, de la construcció de petits dipòsits d'emmagatzematge dins dels nous edificis públics i/o privats.

La promoció d'aquest recurs està majoritàriament sota control municipal, i els seus usuaris també ho són en la seva majoria d'origen municipal, sobretot en els parcs i jardins i el servei de clavegueram.

Tots els sistemes de captació d'aigües pluvials ha de constar de canalitzacions exteriors (canals) de conducció de l'aigua de pluja, un sistema de decantació o filtrat d'impureses, i un aljub o dipòsit d'emmagatzematge.

El disseny de la instal·lació ha de garantir que l'aigua dipositada no es pugui confondre amb l'aigua potable i la impossibilitat de contaminar el seu subministrament. Calen, per tant, sistemes de doble seguretat per no barrejar aquesta aigua amb la potable o bé la instal·lació d'un sistema d'interrupció de flux.

Els edificis municipals podrien ser dissenyats per maximitzar la quantitat d'àrea d'influència i d'aquesta manera augmentar les possibilitats de captació d'aigües pluvials. En general, els requisits i mesures per al disseny d'aquestes instal·lacions es recullen a les ordenances municipals d'estalvi d'aigua. Dins d'aquestes ordenances es recull el càlcul de la capacitat del dipòsit de pluvials, per tot els edificis municipals i/o privats de nova construcció, i s'estableix com el resultat d'un polinomi que integra:

- la precipitació,
- superfície de captació,
- nombre d'usuaris i,
- si n'hi ha, extensió de jardí, amb un mínim de vint-i-cinc metres cúbics (25 m³).

Si considerem:

P = factor de precipitació (1-per a precipitacions anuals mitjanes inferiors a 600 mm, 0,5 - per a precipitacions entre 600 i 900 mm, 0,25 per a precipitacions superiors a 900 mm),

C = m² de cobertes susceptibles de recollida d'aigua de pluja,

U = nombre d'usuaris (normalment 5 per a cada habitatge),

J = m² de jardins o zones verdes,

G = factor aigües grises (1-sense reutilització d'aigües grises, 0,5 amb reutilització d'aigües grises),

V = volum del dipòsit d'aigua pluvial,

El volum final resulta igual a:

$$V = C/17 + U \cdot G + J \cdot P/25$$



El sobreexidor es connectarà a la xarxa o sistema d'evacuació de pluvials i disposarà d'una alimentació des de la xarxa municipal d'abastament per a casos en que el règim pluviomètric no garanteixi el reg durant l'any. La connexió des de la xarxa municipal no pot entrar en cap cas en contacte amb el nivell màxim del dipòsit i cal vigilar les seves condicions sanitàries.

Per a la prevenció i el control de la legionel·losi, tots els elements de la instal·lació, han de resistir una temperatura màxima de 70 ° C i una cloració de 30 mg/l de clor residual lliure (Real Decret 865/2003, de 4 de juliol pel qual s'estableixen els criteris higiènic - sanitaris per a la prevenció i el control de la legionel·losi, BOE núm. 171 del 18 de juliol i de l'article 5 del Decret 152/2002, de 28 de maig, pel qual s'estableixen les condicions higiènic sanitàries).

Per a la màxima garantia de les instal·lacions, totes s'han de regir per les "Normes bàsiques per l'instal·lacions interiors de subministre d'aigua", i en especial pel títol 2º "Protecció contra retorns d'aigua a les xarxes públiques de distribució, apartats de 2.1.4. al 2.7 i pel títol 5º, apartat 5.7: Dipòsits de reserva (5.7.1 al 5.7.6, tots dos inclusivament) de l'Ordre de 9 de desembre de 1975, per la qual s'aproven aquestes normes.

Des del punt de vista ambiental, aquesta aigua té bona qualitat per al reg de zones verdes i es considera apte per a usos que no requereixen la mateixa qualitat que l'aigua potable. A continuació, a la figura 10, es mostren diferents tipus de dipòsits pluvials:



Figura 13: Diferents dipòsits pluvials . Font: www.resmat.es / www.ecopluv.com

Exemples d'experiències

Ajuntament de Barcelona

A Barcelona, l'actual sistema per a la recollida i distribució d'aigua pluvial té el seu origen en dos sistemes: un vinculat a l'extracció d'aigua de l'estació de metro a Besòs Mar (juliol de 1998), i l'altre a la necessitat de la neteja de grans tancs en els quals l'aigua de pluja produïda per les pluges torrencials es recull.

Altres municipis com Sant Cugat del Vallès, Sant Just Desvern, Vilanova del Vallès i Torredembarra, entre altres, van instal·lar dipòsits d'emmagatzematge, tant per la recollida d'aigües pluvials com l'aprofitament de deus.

5. Dipòsits d'aigües grises

En els últims anys, alguns municipis han començat a estudiar la possibilitat de reutilitzar les aigües grises com una altra font de recursos hídrics municipals, malgrat el cost de tractament de l'aigua i el manteniment de les seves instal·lacions.

Les dimensions de les instal·lacions de reutilització d'aigües grises depèn de la ordenança o normativa que disposi cada municipi, i en el cas de no tenir cap normativa que ho reguli, els tècnics municipals decidiran, en base de les experiències en altres municipis i sota el seu coneixement professional, com desenvolupar aquest tipus d'actuació.

Ajuntament de Sant Cugat del Vallès

Un d'aquests ajuntaments que disposen d'ordenança municipal és l'Ajuntament de Sant Cugat del Vallès on es proposen els següents criteris de disseny pels nous edificis, tant municipals com privats:

1. S'ha de fer separació entre els baixants d'aigües residuals amb contingut fecal i l'únic baixant per a la recollida de dutxes i banyeres.



Figura 14: Imatge del sistema de reutilització de les aigües grises
Font: ecoaigua.com

2. La instal·lació depuradora ha de tenir un sobreeixidor i unes vàlvules de buidatge connectades a la xarxa de clavegueres, una entrada d'aigua de xarxa per garantir el subministrament a les cisternes dels inodors, incorporar un sistema de doble seguretat o trencament de flux per evitar la contaminació de la xarxa d'aigua potable o equip de reg.

3. A l'aigua de la depuradora s'ha d'afegir un colorant no tòxic i biodegradable que serveixi d'indicador de la no potabilitat de les aigües.

4. Cal preveure parts comunes als edificis i construccions per allotjar l'equip de depuració, que ha de ser de fàcil accés, per garantir el seu òptim o adequat manteniment i control. Així mateix, s'ha de preveure el disseny d'aquest sistema d'estalvi d'aigua,

juntament amb els altres subministraments, i fer que tot el conjunt de canonades discorri per l'interior dels edificis i construccions, evitant així l'impacte visual.

5. El càlcul de la instal·lació d'aigües grises ha de tenir en compte l'ús de l'habitatge o construcció. Per exemple:

En el cas dels *edificis municipals* es poden comparar amb els criteris de disseny de les habitatges plurifamiliars. Els volums de les depuradores s'adeqüen en funció del nombre d'usuaris, el que requereix la realització d'una proposta personalitzada per a



cada projecte específic. Per exemple, donat que s'estima un consum màxim en inodors (en cisternes de doble descàrrega) de 25 litres per persona i dia, en un bloc

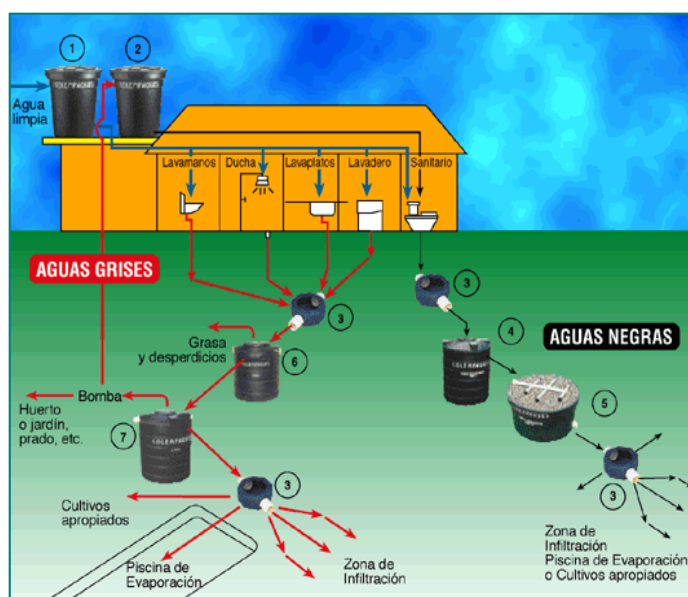


d'habitatges de entre 40 i 50 persones es necessitaria una depuradora d'1m³. La nostra prioritat es aconseguir una qualitat de l'aigua excel·lent sense sobre dimensionar les depuradores, evitant així un sobre cost innecessari (Font: Ordenança municipal de Sant Cugat del Vallès).

Respecte als *complexos esportius* es pren com a referència un consum màxim d'aigua per a dutxes i banyeres de seixanta litres usuari i dia (60 l/usuari/dia). Per a usuaris tan sols de piscines serà de trenta litres usuari i dia (30 l/usuari/dia) (Font: Ordenança municipal de Sant Cugat del Vallès).



A la figura 12 es representa gràficament un esquema d'un sistema de reutilització d'aigües grises:



Font: Ecoaigua

Exemples d'experiències

Com exemple de tecnologies en el reciclat d'aigües grises i residuals es recull un sistema que consisteix en un equip compacte de reutilització d'aigües grises i aigües residuals depurades que redueix, d'una banda, 2/3 l'ús d'aigua potable i, per l'altre, un 90% de l'aigua destinada a les diverses activitats.

L'innovador d'aquest sistema és la no utilització de productes químics amb un resultat d'aigua neta amb una qualitat constant i fiable, complint la Normativa Europea RD 1620/2007 pel qual s'estableix el règim jurídic de reutilització de les aigües residuals a Espanya. Els possibles usos d'aquest sistema serien: descàrregues del WC, rentat industrial de vehicles, reg de jardins, camps de golf i zones verdes.

El procés consisteix a fer passar l'aigua grisa o residual per diferents fases amb l'ús de pretractaments, cambra de greixos, depuració de fangs actius i un tractament terciari per augmentar la qualitat de l'efluent (filtres de pressió, filtres de cartutx, llum ultraviolada).



Il·lustració 12: Equips dissenyats per aprofitar les aigües grises i pluvials.

Font: www.salher.com



6. Exemples de valoració d'actuacions municipals

Ajuntament de Badalona

Actuació de construcció de doble xarxa

Es prem com a exemple la valoració econòmica realitzada en el Pla de Freàtiques de l'ampliació de la xarxa d'aigua freàtica al municipi de Badalona.

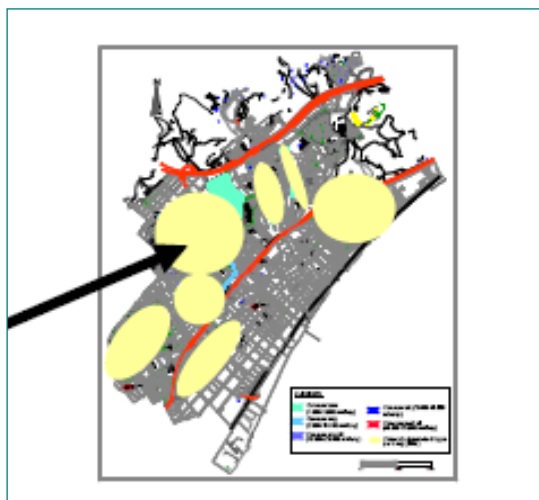


Figura 16: Situació de la zona de Montigalà on es va fer l'ampliació de la xarxa de freàtiques.

Font: Pla director fet per AQUAPLAN, client, AMB

L'Ajuntament de Badalona, dins d'aquest Pla de Freàtiques redactat en l'any 2010, va desenvolupar un pressupost de l'ampliació de la xarxa de freàtiques pel reg de parcs i jardins de una part del municipi, a la zona de Montigalà.

Proposen dividir tot el sistema Montigalà en cinc sectors amb el seus punts de consum corresponents. Tots els cinc sectors funcionaran per bombament i es comandaran per mitjà de cinc vàlvules motoritzades que obriran o tancaran per mitjà d'un rellotge.

Els sectors són:

1. Central 1: Parc G5
2. Central 2: Parc Montigalà
3. Est: Av. Puigfred i Trav.Montigalà (incloent camp futbol actual i futur)
4. Oest: Parc de les Muntanyetes i Rotonda Av. Comunitat Europea
5. Sud: Rambla Santa Joan i Parc Nova Lloreda

Per altra banda, el dipòsit de Montigalà disposi de 4 entrades possibles d'aigua per a donar resposta en el cas dels consum punta. Aquestes entrades seran:

- Riera Canyet
- Pou 1 (Camí Sant Jeroni de la Murtra)
- Pou 2 (aproximadament Rbla. Sant Joan)
- AP (aigua potable)

Els costos d'aquesta actuació es resumeix en el següent pressupost de la doble xarxa d'aigua freàtica pel reg de les zones verdes esmentades:

Concepte	Import
Moviment de terres	54.245,71 €
Paviment i urbanització	35.477,70 €
Subministrament i Instal·lació Canonades	72.336,60 €
Arquetes de Connexió i Elements Hidràulics	30.767,15 €
Control i Automatisme	7.250,00 €
Posta en Marxa Xarxa Canonades	1.176,42 €
Control de Qualitat	4.487,73 €
Senyalització	1.449,10 €
SUBTOTAL Xarxa Canonades	207.190,41 €
Varis	22.000,00 €
Estudi de Seguretat i Salut	9.950,43 €
Pressupost AMPLIACIÓ XARXA AIGUA FREÀTICA (FASE2)	239.140,84 €

Taula 14: Resum del pressupost del projecte d'ampliació de la xarxa de distribució d'aigua freàtica del reg de parcs i jardins a Badalona

Ajuntament de Granollers

Un altre exemple d'actuacions, són les inversions realitzades per l'Ajuntament de Granollers en actuacions per l'estalvi d'aigua i aprofitament de fonts amb un cost de 119.900 €/any.

En la taula següent es detallen els imports de les diferents actuacions realitzades durant l'any 2009:

Concepte	Import
Planta d'aigües regenerades	101.410,42 €
Bombament intermedi	60.817,93 €
Xarxa de reg, dipòsit i equip de bombejament pel reg de zones verdes del polígon Congost	40.428,28 €
Tram de canonada d'aigua regenerada del passeig fluvial marge dret	20.721,81 €
Instal·lació filtres amb auto neteja per a la millora de l'eficiència en el reg dels horts	6.844,09 €
Ampliació telecontrol Can Cabanyes	1.536,14 €
TOTAL	231.758,67 €

Taula 15: Valoració de les actuacions que es van realitzar a Granollers (2009)



2 Millora de l'eficiència de les xarxes d'abastament urbà

Per tal de garantir en tot moment el correcte funcionament de totes les instal·lacions i la integració i seguretat de les informacions i al mateix temps, assegurar **l'eficiència del servei de l'aigua** en tots els aspectes (el tècnic, l'operatiu, el de gestió, el comercial i l'atenció al client), tots els municipis haurien de realitzar un esforç per incorporar i aplicar les tecnologies de la informació i el seu coneixement.

Per tant, una part important de les accions han d'apostar per una gestió més sostenible de l'aigua basades en millores en l'eficiència dels sistemes actuals i preveure tecnologies innovadores en les noves edificacions o instal·lacions.

A continuació es recullen propostes d'actuacions encaminades a millorar l'eficiència de les xarxes d'abastament urbà.



2.1 Redacció de Plans directors d'abastament municipal

La redacció d'un Pla Director pretén assolir una millora a nivell global de les xarxes locals d'abastament, obtenint així una millor gestió dels recursos que es traduirà en un increment de l'estalvi.

La diagnosi, les conclusions obtingudes i les actuacions previstes hauran de ser degudament contrastades amb el Pla Sectorial d'Abastament d'Aigua a Catalunya, una eina de planejament a nivell global, disponible a l'Agència Catalana de l'Aigua i que analitza la qüestió de l'aigua a nivell de tot el territori.

L'objecte fixat en la redacció d'un Pla Director consisteix en:

1. Reunir tota la informació sobre les instal·lacions del servei i descriure-les.
2. Preveure la demanda que hauran de satisfer tant a l'actualitat com a mig i llarg termini.
3. En base a la previsió de demanda s'analitzarà la capacitat que presenten en relació a la demanda que es preveu satisfer.
4. Segons els dèficits o els excedents que resultin d'aquesta comparació proposar una configuració definitiva de les instal·lacions.

Aquesta configuració definitiva, un cop aprovada per l'Ajuntament, servirà de base a tots els projectes d'ampliacions i obres parcials que es vagin realitzant, constituint cadascuna d'elles una part de l'abastament futur, evitant així tant renovacions prematures d'instal·lacions que encara no s'han amortitzat, com d'elements desproporcionats amb la funció que tindran finalment. El propòsit és que les renovacions i ampliacions de xarxa i instal·lacions del servei municipal d'aigua potable conformin un sistema harmònic, coherent i de capacitat àmpliament suficient per a les necessitats previsibles.

El Pla Director presenta l'anàlisi dels elements del sistema segons el creixement previst al Pla General d'Ordenació Municipal (POUM), però és un document dinàmic ja que des del moment que està realitzat sobre unes previsions de futur tant urbanístic, industrial i demogràfic s'ha de revisar periòdicament.

Aquesta revisió i la seva comparació amb les dades reals permetran efectuar les correccions necessàries i ajustar de nou les necessitats en cas d'ésser necessari.

La metodologia per l'elaboració d'un Pla Director de l'abastament d'aigua potable es basa en les següents fases:

1. Recopilació d'informació

Aquesta fase inclou, d'una banda, la recopilació de la informació de base per l'elaboració del Pla Director i d'altra banda, la definició, juntament amb els responsables del servei de subministrament d'aigua potable, de les problemàtiques principals de l'abastament.

Les principals informacions recollides són les següents:

- Cartografia
- Població actual del municipi (IDESCAT i MUNICAT).
- Pla General d'Ordenació Municipal (POUM)
- Característiques tècniques i de qualitat de les infraestructures en alta.
- Estat, material, dimensions i traçat de canonades de distribució.
- Situació i característiques de les vàlvules reguladores
- Funcionament del servei: consums, pressions, punts dèbils...

2. Caracterització de l'abastament actual

En base als recursos disponibles (en quantitat i qualitat), les infraestructures en alta i la xarxa de distribució s'avalua el dimensionament de les instal·lacions existents.

3. Caracterització de la població i prognosi del creixement urbà futur

En base a les dades de població actual i a la definició de les zones de creixement incloses al planejament urbà s'ha fet una estimació de la població horitzó a partir de la qual s'ha d'estimar el consum d'aigua potable de la situació futura.

Les Normes Subsidiàries Municipals (NSM) defineixen a llarg termini el creixement ordenat del municipi, fet que provocarà un increment tant dels cabals a servir i sanejar com de l'extensió de la xarxa.

4. Anàlisi de la capacitat de les instal·lacions actuals i proposta de millores

Atenent al creixement de la població en base a la població actual i a la prognosi de la població futura a partir de les expectatives de creixement urbanístic, s'avalua el funcionament de les instal·lacions en la situació futura. A partir d'aquesta avaluació es proposen una sèrie d'actuacions que permetin millorar el funcionament de les infraestructures.



5. Proposta de les actuacions de millora del servei futur d'aigua potable

Les propostes d'actuacions generades en el punt anterior s'han de definir concretament.

6. Valoració i priorització de totes les actuacions proposades

Un cop definides les actuacions han de valorar-se convenientment per tal de donar una estimació del cost.

7. Repercussió econòmica de les actuacions

Plantejament de la repercussió dels costos de les actuacions a la tarifa municipal d'abastament d'aigua.

A Catalunya són nombroses els municipis que disposen d'un Pla Director fruit de la Llei MAH/3556/2006 a partir del 2009 l'existència d'un pla director és d'obligat compliment per tal de poder sol·licitar ajuts sobre abastament a l'ACA.

D'aquesta manera es va pretendre assolir una millora a nivell global de les xarxes locals d'abastament, obtenint així una millor gestió dels recursos que es traduirà en un increment de l'estalvi. La diagnosi, les conclusions obtingudes i les actuacions previstes hauran de ser degudament contrastades amb el Pla Sectorial d'Abastament d'Aigua a Catalunya, una eina de planejament a nivell global, disponible a l'Agència Catalana de l'Aigua i que analitza la qüestió de l'aigua a nivell de tot el territori.

En els Plans Directors caldrà concretar les deficiències del sistema, les propostes de millora i una valoració econòmica i un calendari d'execució de les mateixes.

2.2 Gestió de les infraestructures

Un servei municipal encarregat del proveïment d'aigua potable, ha d'assegurar la continuïtat del subministrament a tots els seus abonats. Aquest subministrament ha de realitzar-se en condicions de pressió i garantia sanitària adequades.

El compliment d'aquestes premisses es realitza habitualment de forma reactiva i passa pel manteniment de les condicions de la xarxa de distribució davant eventuais avaries, que es manifestin per manca de subministrament o simplement es fan visibles a la via pública.

Aquest model d'explotació no és evidentment el més desitjable ja que, amb el pas del temps, s'aboca a un empitjorament en el servei als clients. La diferència entre l'aigua distribuïda i l'aigua registrada, usualment denominada com a aigua no registrada (ANR), reflecteix els volums d'aigua perduts a través del sistema de distribució, és a dir, aigua introduïda en el sistema però no facturada. Aquests volums són clau en la viabilitat financera de l'explotació tant a nivell de costos d'explotació com en els ingressos per facturació i sostenibilitat ambiental.

Existeix un dinamisme en la millora de les xarxes, que passa per un control de les mateixes, emprant diversos indicadors de seguiment, així com fent ús de les diferents eines disponibles al mercat, encaminades bàsicament al control de fuites.

Si es pretén aconseguir rendiments òptims de xarxa, cal avançar un pas més i establir un altre nivell de control. Aquest control passa per una sèrie d'operacions encaminades al coneixement exacte de la xarxa de distribució, així com de la totalitat dels seus components i elements característics, de manera que es pugui actuar convenientment sobre cadascun d'ells amb criteri.

Cal disposar d'un modelatge de la xarxa el més proper possible a la realitat, que permeti anticipar-se a les reaccions de la nostra xarxa davant noves actuacions, així com fer extensiva la metodologia d'anàlisi, habitualment coneguda pel gestor, a una escala que permeti la identificació de fallades en el nostre sistema de distribució d'una forma clara i fitada en l'espai i temps de manera que s'apliquin respostes immediates i localitzades sobre els perímetres que presentis desviacions en els patrons prefixats.

De forma estàndard, a nivell internacional, es consideren el següents esquemes (taula 17 i 18) per comparar l'aigua distribuïda respecte a la facturació de la mateixa.



Fonts pròpies de captació (aigua continental)	Volum d'aigua entrada al sistema (injectat)	Aigua exportada	Consum Autoritzat	Consum Autoritzat Facturat	Consum Facturat Mesurat	Aigua Facturada	
		Aigua Abastada		Consum Autoritzat No Facturat	Consum Facturat No Mesurat		
					Consum No Facturat Mesurat		
					Consum No Facturat No Mesurat		
		Aigua importada		Pèrdues d'aigua (totals)	Pèrdues Aparents	Consum No Autoritzat (connexió il·legal)	Aigua No Facturada
						Errors de mesura - sub/supracomptatge i de tractament de dades	
Pèrdues Reals	Pèrdues en adducció i procés a l'ETAP						
	Fuites conduccions distribució						
				Sobreeiximent a dipòsits i Fuites al transport			
				Fuites a connexions fins l'escomesa			

Taula 16: Balan hídric econòmic de la International Water Association

Font: Control de pérdidas de agua en redes urbanas. Curs de Postgrau. ITA. Universidad Politécnica de Valencia (elaboració Diputació de Barcelona)

Cabal injectat i mesurat a capçalera (aigua importada i fonts pròpies) Q	Cabal registrat als abonats (≈ mesurat) Qr			
	Cabal incontrolat (sense destí final identificat) Qi	Cabal incontrolat i consumit per l'abonat (destí final identificat) Qic	Cabal incontrolat, consumit i No mesurat (abonat sense comptador) Qicc	Consum autoritzat No mesurat Qicca
				Consum No autoritzat No mesurat Qicci
			consum autoritzat No mesurat No Facturat (error comptador) Qice	
		Cabal incontrolat i fugat Qif		

Taula 17 bis: Balanç hídric-tècnic de l' Institut de Tecnologia de l'Aigua (ITA. UPV).

Font: Control de pérdidas de agua en redes urbanas. Cours de Postgrau. ITA. Universidad Politécnica de Valencia (elaboració Diputació de Barcelona)



Abordar un projecte d'aquestes característiques, fins a aconseguir els resultats esperats és complex i ha de ser particularitzat per a cada proveïment en funció de múltiples variables. No existeix una fórmula única i en qualsevol cas ha de realitzar-se seqüencialment i amb una metodologia clara.

Les actuacions a realitzar varien en funció dels resultats parcials que es vagin obtenint al llarg de les diferents fases.

Els anàlisi d'informació i plantejaments tècnics es recolzen en experiències de camp i informació històrica recopilada i, en fases avançades, precisen ser complementats amb una instal·lació d'equips específics.

Encara que la consecució dels objectius proposats ha de plantejar-se de manera progressiva i particularitzada per a cada proveïment, la seqüència adequada, així com l'abast a oferir a un proveïment tipus podria ser la explicada en els següents apartats.

2.2.1 Anàlisi general de les infraestructures

Es tracta de realitzar l'inventari de totes les infraestructures bàsiques, partint del subministrament en alta, fins als dipòsits de regulació i les principals branques de distribució a les diferents zones i àrees principals.

De vegades es localitzen deficiències en captació, xarxes de transport i fins i tot en dipòsits per fuites, petites o moderades, no registrades.

Els majors volums de fuites d'aigua no són causades per trencaments en les conduccions principals. Els trencaments en les conduccions principals representen menys del 10% del volum total de fuites d'aigua (Sedelam).



Il·lustració 13: Vista en detall d'una fuga d'aigua a una canonada de la xarxa d'abastament de Barcelona. Font: AGBAR

de mesura disponibles.

Els majoria de les fuites reals vénen de:

- fuites permanents en les connexions de servei; i
- fuites de romanents i no reportades, o mal reparades.

En aquesta fase es pretén confirmar els elements constituents i analitzar el sistema d'adquisició de dades a través d'un software si existeix, per adequar-

ho a la integració total en el conjunt de control proposat, equipant-ho de mesuradors diferencials i de contrast, per verificar l'exactitud dels elements

D'altra banda, serà adequat l'inici de la integració SIG (Sistema d'Informació Geogràfica) d'aquests elements, que permetrà disposar de la informació detallada de tots els elements, de tal forma que permetin ser directament gestionats per una eina de modelització de xarxes de distribució.

S'hauran de considerar les infraestructures futures sobre la base del pla general d'ordenació urbana disponible.

2.2.2 Auditoria bàsica de la xarxa de distribució

Es pretén en aquesta fase realitzar una primera aproximació a l'anàlisi general de la xarxa de distribució. Aquest és un apartat clau en la proposta, doncs suposa l'emissió d'un document que estableixi la metodologia que es consideri més adequada, així com, l'abast proposat i els terminis per a cadascuna de les fases posteriors. El document ha de recollir:

1. Els paràmetres característics de la xarxa,
2. L'evolució històrica del rendiment i volum d'aigua no registrada.
3. La metodologia per a la reducció de la mateixa, així com el resultat tècnic econòmic previsible de les actuacions proposades.
4. D'altra banda aquest document permetrà l'elaboració d'un cronograma d'actuacions. Aquest cronograma pot ser elàstic en el temps i servirà per establir una seqüència clara i ajustada a les condicions i demandes de la xarxa.

2.2.3 Instal·lació de comptadors en alta

Una bona gestió i control de la xarxa d'abastament depèn directament del coneixement dels consums totals d'un municipi. Per això, és indispensable la instal·lació de comptadors en alta a la xarxa de distribució en alta.

Els comptadors d'aigua són dispositius de mesura del volum d'aigua subministrat d'aigua.

L'objectiu de l'instal·lació de comptadors en alta serà la realització del balanç hídric del sistema i, secundàriament, conèixer possibles fuites i, per tant, tenir un millor control dels consums. A més, les dades es podran recollir i tractar informàticament.

Totes les mesures d'estalvi d'aigua requereixen una mínima comptabilitat del recurs hídric. **Sense conèixer la quantitat d'aigua que introduïm a la xarxa de distribució és impossible valorar l'eficàcia de l'estalvi;** per això, hem de considerar absolutament imprescindible la instal·lació de comptadors a tots els nusos o llocs clau de la distribució.



2.3 Telecontrol de les infraestructures

El desenvolupament de sistemes de telecontrol en gran mesura prové d'Europa, on existeixen moltes utilitats que han optat aquests últims anys per la implantació i desenvolupament de sistemes de telecontrol.

El recent creixement del nombre d'estacions de Telecontrol de la xarxa d'aigua potable és fruit de la implantació del projecte de control en temps real de la distribució d'aigua a zones hidràuliques.

Aquest sistema de telecontrol de la xarxa amb representació hidràulica de les instal·lacions ens permetrà conèixer en temps real l'estat del sistema d'abastament de: nivells i volums, cabals, l'estat de les bombes d'elevació i altres paràmetres, i actuar de forma instantània o programada, gestionant alhora un conjunt d'alarmes i informacions històriques.

En general, els principals objectius del telecomandament a les xarxes de distribució són:

- Gestió centralitzada de la xarxa d'abastament
- Millora de seguretat i estabilitat del sistema
- Representació hidràulica de les instal·lacions
- Actuació de forma instantània i programada
- Gestió d'alarmes

Normalment, el sistema informàtic utilitzat per desenvolupar les tasques de telecontrol és el programa SCADA ("*Supervisory Control And Data Adquisition*" / *Adquisició de Dades i Control de Supervisió*). Es tracta d'una aplicació software especialment dissenyada per a funcionar sobre ordinadors en el control de producció, que proporciona comunicació i informació amb els dispositius de camp (controladors autònoms, autòmats programables, etc.) tot controlant el procés de forma automàtica des de la pantalla de l'ordinador.

2.3.1 Sectorització i actuadors automàtics

Normalment les xarxes de distribució tenen una grandària massa gran per poder analitzar el seu comportament a un nivell de detall que permeti focalitzar accions correctores i establir objectius de millora de la gestió.

Per a gestionar eficientment una xarxa de distribució d'aigua potable cal subdividir la xarxa en zones reduïdes i aïllades entre si, és a dir, en sectors que disposin cadascun d'una o diverses entrades (les mínimes possibles) connectades amb les artèries principals. Cada entrada ha de disposar de la instrumentació i equips adequats al nivell d'informació i d'actuació que es determini en cada explotació.

La sectorització no ha de definir-se només en termes de configuració de la xarxa, sinó que ha d'entendre's com una forma de gestió de la mateixa.

El sistema ha d'integrar una eina d'anàlisi i de gestió, més o menys sofisticada, capaç de rebre i ordenar periòdicament les dades obtingudes pels equips de camp i analitzar-les conjuntament amb d'altra informació relativa al manteniment, avaries, inventari, etc.

Aquest coneixement global és el qual permetrà la presa de decisions tant de manteniment, com d'explotació i fins i tot d'inversió.

Sempre que es pugui partir d'una cartografia existent disponible en un Sistema d'Informació Geogràfica (SIG), es realitzaran les adequacions gràfiques i de les dades associades al Model de Dades, complementant la informació mínima necessària en els elements que componen la xarxa, de manera que permeti ser part integrant de l'eina de modelització de xarxes.

Aquesta informació permetrà efectuar una primera classificació per diàmetres de xarxes i l'establiment dels sectors principals. La primera fase de modelització de la xarxa, permetrà conèixer amb antelació els resultats que s'obtindran una vegada establerts els sectors.

S'executarà en aquest moment la sectorització física a la xarxa. A partir d'aquest punt s'estarà en disposició d'observar l'evolució del rendiment tècnic i el volum d'aigua no registrada en cadascun dels sectors, a partir de diferents assajos de camp i posterior anàlisi dels mateixos.

Així doncs, els principals objectius a destacar de la sectorització són:

- Detecció de fuites no simptomàtiques
- Detecció de frauds
- Recerca de fuites millor orientada
- Caracterització del consum dels clients
- Vigilància de la integritat entre els diferents graons de pressió



- Millor planificació de les inversions
- Calibratge del model de la xarxa
- Ordenació de la xarxa secundaria
- Regulació de la xarxa en sectors

Es disposarà així d'una primera informació fitant les àrees amb majors problemes d'ANR i s'iniciarà l'anàlisi continuada dels mateixos en el temps.

És bàsic l'establiment d'un **Pla de regulació de pressions** a partir de la definició d'àrees de similars característiques quant a la pressió de subministrament determinada per la cota dels punts de consum respecte als dipòsits i fonts de subministrament.

D'aquesta manera es poden reduir les pressions tant en servei diürn com nocturn amb la finalitat de reduir les fuites a la xarxa. Aquest equip dóna resposta a aquesta necessitat d'operació, amb un sistema adaptable a qualsevol tipus de vàlvula de papallona, que permet l'automatització de processos d'obertura i tancament, així com d'adequació de condicions de pressió en xarxa, sense modificar la instal·lació.

Per tant la instal·lació d'un dispositiu d'aquest tipus és fonamental per aconseguir, no només per a limitar les entrades als sectors a determinar, sinó també per a assegurar l'adequada pressió a la xarxa en tot moment.

2.4 Microsectorització i control del cabal mínim

Es tracta de la divisió d'un sector més complex per obtenir un cabal mínim nocturn per cada microsector de forma que ens permeti detectar les xarxes en mal estat.

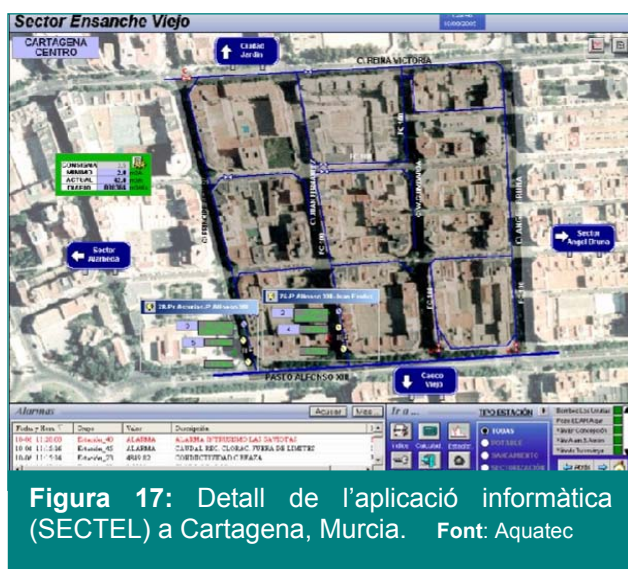
El coneixement i control d'aquest cabal es molt important perquè el cabal de fuites és el principal component del cabal mínim nocturn durant la nit. Aleshores, el cabal mínim nocturn és la suma de:

- Fuites a les xarxes deteriorades
- Demanda d'aigua pels clients
- Fuites a les instal·lacions interiors dels clients

En essència, la microsectorització es basa en la subdivisió dels anteriors sectors en altres microsectors de reduïda grandària en els quals s'observen paràmetres similars als sectors inicials i com a paràmetre principal el cabal mínim nocturn lliurat amb periodicitat diària.

Per tant, són extrapolables totes les consideracions realitzades a l'apartat de sectorització en tractar-se d'identica metodologia a una escala menor.

Així, de la mateixa manera que en el cas de la sectorització caldrà fitar els sectors amb la instal·lació de comptadors independents per a cadascun d'ells i instal·lar vàlvules frontera.



Aquest sistema automàtic de gestió i control de xarxes sectoritzades serveix per millorar l'eficiència de les xarxes mitjançant el mesurament exacte de cabals mínims nocturns i simplificant el procés de detecció i localització de fuites.

Dins de la microsectorització de la xarxa d'abastament existeix la possibilitat d'integrar la informació registrada en aquest sectors en temps real dintre d'una aplicació d'un Sistema de Sectorització Telegestionada.

De forma complementària a la implantació de l'aplicació SECTEL, i per permetre l'anàlisi de les dades en el registrat a posteriori, pot completar-se a través d'una altra aplicació, SAED (Sistema d'Anàlisi i Explotació de Dades), que permet a més,



adoptar mesures correctores que s'introduiran en els plans de millora i desenvolupament de la xarxa.

La implementació conjunta amb SECTEL, en un telecomandament, no solament permet detectar consums irregulars, sinó també, reduir costos energètics, gestionar la informació procedent de la xarxa hidràulica, així com controlar de forma contínua tots els dispositius electromecànics que la integren.

Una de les principals característiques que posseeix l'aplicació, és la possibilitat que ofereix de ser gestionada per diferents tipus d'usuaris organitzats jeràrquicament.

Aquests usuaris tenen la possibilitat d'obtenir informes, llistats o gràfics, amb els quals es pugui analitzar tota la informació necessària per a la gestió de l'explotació, donant-los la possibilitat de controlar molt diversos paràmetres, a fi de conèixer al més aviat possible el lloc on es produeix una anomalia i així actuar sobre ella en un termini de temps mínim.

2.5 Sistemes de prelocalització i detecció de fuites

Les auditories ambientals realitzades per la Gerència de Serveis de Medi Ambient a la Diputació de Barcelona posen de manifest la importància de les fuites d'aigua potable. Unes vegades atribuïdes a diferències de comptador; d'altres, a fuites no identificades, i gairebé en tots els casos, a una combinació d'ambdós factors.

La planificació de noves obres hidràuliques incorpora, des de l'any 2005, el control i detecció de les fuites d'aigua que s'ha de incloure a l'estudi previ de recuperació de costos (article 46.5 del text refós de la Llei d'aigües RD 1/2001 modificada per la Llei 11/2005). Per assegurar la qualitat sanitària de la xarxa d'abastament fa que sigui imprescindible la detecció i reparació de les fuites d'aigua que hi apareixen.

La Gerència de Medi Ambient, per tal de recolzar la gestió als municipis, col·labora amb els ajuntaments en el diagnòstic sobre l'estat de la xarxa de proveïment verificant l'estanquitat, identificant punts febles, limitant les pèrdues i fent més eficaç la gestió municipal.

El treball de camp es desenvolupa en diverses fases:

Fase 1: Prelocalització

- Revisió d'un sector de la xarxa per identificar les zones problemàtiques
- Se situen a la zona de treball equips prelocalitzadors de fuites que mesuren de nit verificant l'estat de la xarxa d'aigua.

Fase 2: Localització dels punts febles i de les fuites

Se situen, a les zones problemàtiques prèviament identificades, equips registradors de soroll que realitzen mesures programades més precises per a localitzar els punts febles i les fuites d'aigua.

Aquesta actuació es pot realitzar, en casos d'urgència, a zones on l'ajuntament ja tingui prèviament identificat un problema de pèrdua d'aigua.

Fase 3: Localització amb geòfon

El geòfon com rastrejador del lloc de fuga requereix condicions calmades de soroll ambient, un bon nivell auditiu i oïda entrenada.

Aquest equipament està disponible per cedir a l'ajuntament. El tècnic municipal podrà inspeccionar el terra, en el moment de baix soroll i consum d'aigua, amb l'adequada pressió que li permeti revisar sense interferències un tram de xarxa conflictiu.



Normalment, l'equipament d'un sistema de prelocalització i detecció de fuites consisteix en la col·locació de correladors múltiples d'última generació que, col·locats sobre les conduccions, «escolten» el soroll que fa l'aigua en córrer i discriminen si el soroll és normal o bé produït per una fuga.

Cada correlador aboca les seves dades a un ordinador i, mitjançant el coneixement del material de la canonada, del diàmetre i de la distància amb els altres correladors, es pot saber si hi ha alguna fuga, entre quins correladors es troba i a quina distància de cada un d'aquests.

Els correladors es poden col·locar a uns 120-150 m de distància entre si quan la conducció és de ferro, a uns 80 m si és de fibrociment, i a uns 50-60 m en el cas de materials plàstics. Una vegada l'aplicació informàtica ha situat la fuga teòrica sobre el plànol, s'usa un geòfon per aconseguir una localització més precisa.



Il·lustració 14: Vistes del sensor de detecció de fuites d'aigua en conduccions en baixa.

Font: SAM. Juliol 2005. Detector de fuites d'aigua a la xarxa de distribució. Foto: Belinda Navas

Amb tota la informació rebuda pels mètodes de vigilància definits anteriorment, es procedeix a la localització precisa de cadascuna de les fuites emprant, per a això, dispositius electrònics com geòfons o correladors.

També es disposa d'un detector de cables elèctrics que, a més de localitzar les conduccions elèctriques enterrades, es pot utilitzar per a poder seguir el traçat d'una conducció d'aigua.

Aquesta aplicació s'aconsegueix introduint un senyal de ràdio a la canonada mitjançant un emissor, i, seguint el senyal, es pot conèixer el

traçat i la fondària aproximada on és situa la conducció.

En qualsevol cas, els esforços a realitzar en camp amb aquests equips es redueixen a àrees molt localitzades pel que es millora el temps de resposta davant qualsevol anomalia en els consums previsibles.

2.6 Telelectura: informació on-line de cada consum

El coneixement periòdic de lectures dels comptadors permet una gestió continuada (diària, horària...) dels balanços d'aigua per sector de xarxa, eina bàsica per a la detecció de fuites a la xarxa i l'increment de l'eficiència de xarxa. A més, això suposarà un suport al consum responsable i sostenible de l'aigua potable.

La idea és generar una cultura de consum intel·ligent que millori l'eficiència del sistema de proveïment i asseguri una bona gestió del recurs hídric. Existeixen múltiples factors que impulsen l'aplicació de la telelectura com els que es detallen següidament:

- Alt percentatge de comptadors no llegits o errors a la facturació
- Millora el servei d'atenció al client
- Major control del frau
- Major eficiència a la xarxa, alarmes en cas de consums anòmals.
- Millora les garanties de subministrament en períodes de sequera.

Els components de telelectura responen al següent esquema:

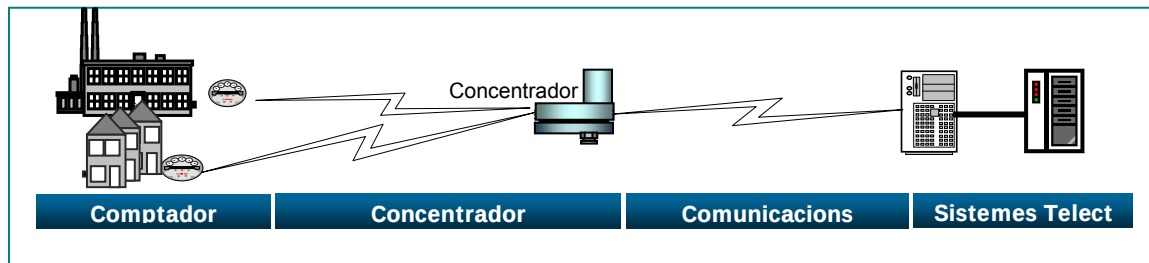


Figura 18: Esquema de la Telelectura. Font: AGBAR

Els **comptadors** representen un alt percentatge en la inversió total en telelectura. El mercat ofereix diverses tecnologies metrològiques segons els requeriments del punt de consum (major o menor cabal nominal, major o menor precisió, ...). Addicionalment, podem classificar els comptadors en mecànics i electrònics:

1. Comptadors mecànics

El comptador mecànic té el condicionament mecànic a través d'engranatges i peces mecàniques, que mesuren el volum total o el cabal volumètric d'un fluid.



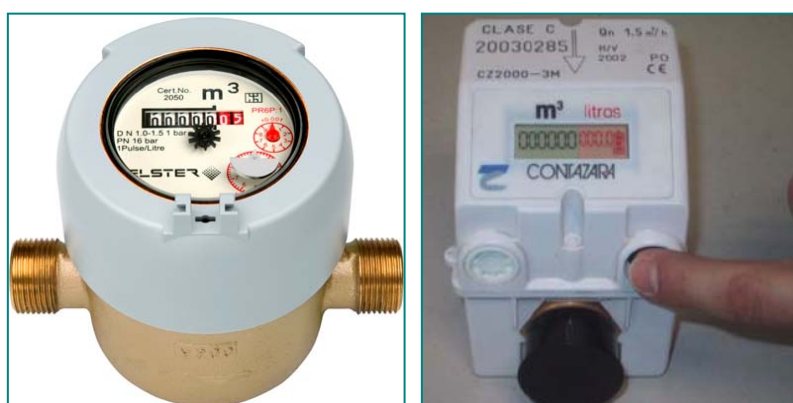
El moviment de la turbina o pistó es transmet al totalitzador mitjançant un acoblament magnètic, realitzant-se així la lectura.

Generalment, incorporen un generador d'impulsos magnètics que crea impulsos (contacte tipus Reed) proporcionals al volum (1 pols/litre, per exemple).

Aquests impulsos magnètics poden ser captats per un dispositiu capaç d'emmagatzemar i transmetre la informació al sistema de telelectura.

2. Comptadors electrònics

El comptador electrònic es compon d'una part hidràulica igual a la dels comptadors mecànics i incorpora una part elèctrica que, apart de mostrar la lectura en un display LCD, permet realitzar càlculs estadístics sobre el consum d'aigua. Aquests comptadors incorporen una bateria interna de duració 8-12 anys, que es correspon amb el cicle de vida dels comptadors d'aigua. El seu preu és més elevat que el del comptador mecànic.



Il·lustració 15: Vista en detall d'un comptador mecànic (a l'esquerra) i un comptador electrònic (a la dreta). Font: AGBAR

Des del punt de vista hidràulic els comptadors electrònics s'instal·len d'igual forma que els comptadors mecànics. No obstant això, els comptadors mecànics amb impuls requereixen la instal·lació d'una antena (emissor de freqüència), normalment de baixa freqüència, per fer arribar la informació des dels comptadors fins el concentrador.

Per la seva banda, els comptadors electrònics transmeten la informació mitjançant un bus cablejat de dades a un concentrador que, posteriorment, transmet les dades al sistema d'informació.

L'ús d'un o altre tipus de comptador vindrà condicionat per les particularitats del punt de subministrament. Les grans bateries de comptadors (40-50) justifiquen la inversió

d'un concentrador per a comptadors electrònics. Pel contrari, per a menors concentracions de comptadors és més avantatjós fer servir mòduls ràdio per cada comptador que transmetran la informació al concentrador.

Tota la informació dels comptadors es recull en el **concentrador**. Els concentradors són la clau del procés ja que són el fil conductor entre els comptadors i els sistemes d'informació. Es requereix un canal de dades d'àmplia cobertura, com pot ser el GPRS, per a l'enviament final de dades als sistemes.

Els **sistemes de Telelectura** tenen per objecte explotar la informació capturada, proveir-la amb el detall necessari a altres sistemes i gestionar la pròpia xarxa de Telelectura.

Per tant, segons les experiències existents, la millor solució de Telelectura a adoptar en cada sistema de proveïment dependrà de:

- les característiques del mitjà (existència de barreres – mitjà abrupte)
- el tipus de comptador (electrònic i/o mecànic)
- la ubicació dels comptadors (comptadors interiors i o bateries)
- la distribució dels comptadors (sectors singulars o aïllats)
- i la densitat dels comptadors (unifamiliars, plurifamiliars)

A tots aquests factors cal sumar-li el cost i aquest fet ens porta a un gran ventall de possibilitats. De forma resumida es recullen a la següent figura 18:

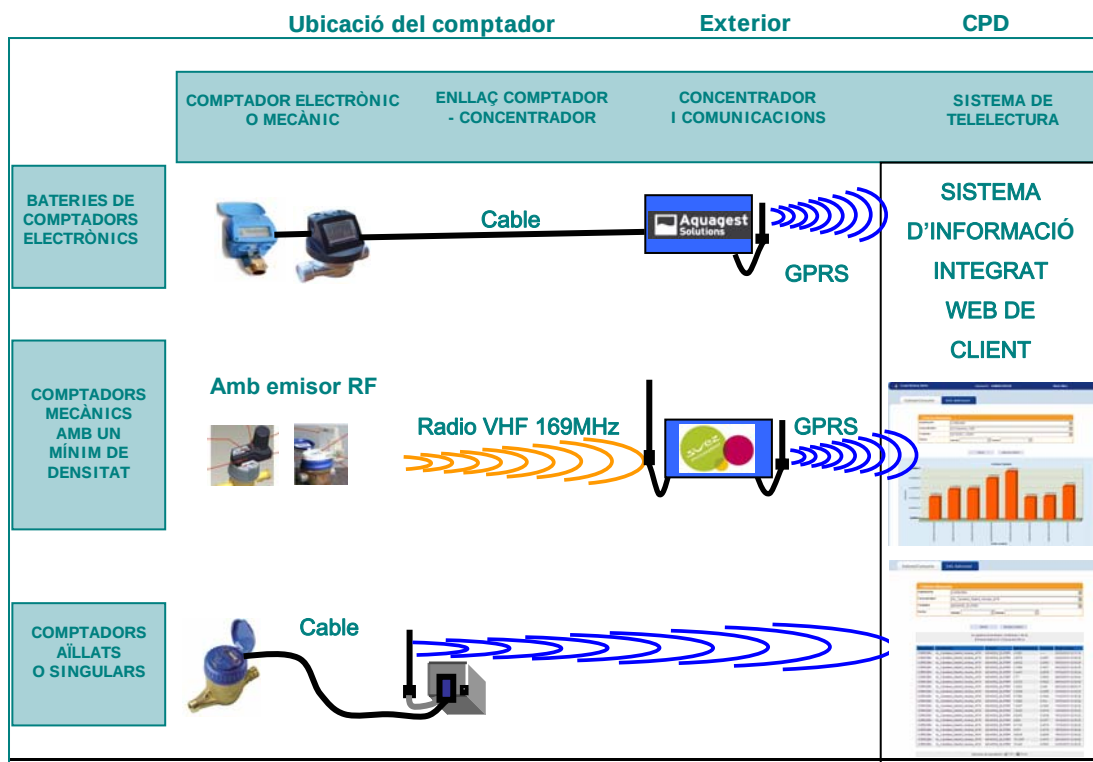


Figura 19: Ventall de solucions. Font: AGBAR

2.7 Gestió del parc de comptadors

De forma complementària a les anteriors mesures, i a fi d'optimitzar l'eficiència en el mesurament de l'aigua consumida per tot el parc de comptadors de la xarxa d'abastament, és bàsic conèixer les característiques de l'estat i edat dels comptadors.

Els diferents tipus de comptadors han de ser comprovats en un laboratori específic de comptadors domiciliaris derivant dels resultats corbes de fiabilitat genèrica en la mesura per als diferents models i edats segons les recomanacions de la marca de cada comptadors. A més, s'hauran de revisar l'Ordenança municipal del municipi per veure si hi ha algun punt sobre el manteniment dels comptadors.

La instal·lació de comptadors electrònics és interessant perquè permetran la segregació i control de consums i fuites, adequant els diàmetres d'aquests a les necessitats reals, i adequant-se als marges de seguretat.

L'establiment d'una clara metodologia ajustada a criteris sòlids per a la renovació del parc de comptadors té una repercussió directa en el rendiment tècnic econòmic de la xarxa.

Els avantatges d'aquest nou servei són diversos: racionalitzar el consum d'aigua, millorar l'eficiència de la xarxa i contribuir a minimitzar les fuites d'aigua. Els inconvenients són el cost d'aquests aparells: són tres vegades més cars que un comptador mecànic i també cal considerar la durada de les bateries i el seu destí.



2.8 Realització d'auditories de consum municipal

L'objecte d'aquestes auditories és realitzar l'estudi i dur a terme un estudi de l'evolució dels consums per identificar i informar al consumidor de les possibles anomalies de la xarxa o de les instal·lacions (infraccions, fuites d'aigua...).

Si s'espera arribar a rendiments del 90 o 95 % de xarxa, cal avançar un pas més i establir un altre nivell de control. Aquest passa per una sèrie d'operacions encaminades al coneixement exacte del funcionament de la xarxa de distribució, així com de la totalitat dels seus components i elements característics, de manera que es pugui actuar convenientment sobre cadascun d'ells amb criteri.

Cal disposar d'un modelatge de la xarxa el més proper possible a la realitat, que permeti anticipar-se a les reaccions de la nostra xarxa davant noves actuacions, així com fer extensiva la metodologia d'anàlisi, habitualment coneguda pel gestor, a una escala que permeti la identificació de fallades en el nostre sistema de distribució d'una forma clara i fitada en l'espai i temps de manera que s'apliquin respostes immediates i localitzades sobre els perímetres que presentin desviacions en els patrons prefixats.

Una **ecoauditoria** de l'aigua consisteix en un estudi del consum de l'edifici durant els darrers anys, tot un seguit d'entrevistes amb les persones relacionades amb la gestió de l'aigua (encarregats de manteniment, de neteja, del rec, etc.) i un anàlisi de cadascun dels punts d'aigua de l'edifici i del seu ús.

A partir d'aquesta informació s'elabora un informe amb propostes de gestió, tant a escala tècnica com organitzativa.

Les responsabilitats es reparteixen entre els gestors de l'espai i els departaments dels Ajuntaments encarregats d'endegar alguns dels canvis proposats i, quan és possible, amb els usuaris de la dependència municipal.

L'auditoria ¹³ inclou els següents paràmetres bàsics:

- Consum mitjà de l'edifici en litres/dia
- Consum mitjà de l'edifici en litres/usuari i dia
- Consum mitjà de l'edifici en litres/m²
- Percentatge sobre el total del consum municipal
- Percentatge de la neteja sobre el total de consum de l'edifici
- Equivalència en consum domèstic del municipi (nombre de llars)

¹³ Web Ajuntament de Torredenbarra

2.9 Eliminació d'aforaments als municipis que encara en tenen

En l'àmbit del consum domèstic d'aigua d'abastament, i atenent la divisió dels usuaris en funció del tipus de subministrament, podem diferenciar:

- Els subministraments d'aigua directa mitjançant comptador, i
- Els subministraments mitjançant aforament.

Els aforaments són sistemes en que la limitació del consum depèn del diàmetre de la canonada o l'aforament limitador. Pertanyen a l'època en que no existien comptadors i suposen el dret a consumir tota l'aigua que pugui passar per l'aforament a un preu establert. Avui existeixen sistemes de comptatge i sabem que el recurs és escàs. Tradicionalment els aforaments es compraven, de manera que en general són un dret de propietat del titular del contracte.

L'aigua aforada se sol rebre en dipòsits interiors, des dels que es fa el subministrament a cada punt de consum de l'immoble. Aquests dipòsits solen tenir sobreeixidor per evacuar l'aigua que no es consumeix, tot i que alguns tenen una boia, que impedeix l'entrada d'aigua al dipòsit quan és ple.

El titular d'un aforament sol utilitzar menys aigua de la que rep. Per aquest motiu, és desitjable la transició de contractes d'aforament a comptador, que permet l'ús de la mateixa aigua i evita el malbaratament de la que no cal. No obstant, ho dificulten els títols de propietat dels aforaments. També ho dificulta el fet que, en molts casos l'immoble és vell i no sempre és fàcil instal·lar un comptador i adequar la pressió de servei a la capacitat de les canonades interiors de la casa.

A molts municipis s'ha promogut la retirada progressiva dels aforament ja que, d'una banda, comporten la pèrdua d'aigua que no s'utilitza i, de l'altra, presenten un cert grau de perillositat pel que fa a la garantia de potabilitat.

La impossibilitat de garantir la potabilitat de l'aigua es deu principalment al fet que els aforaments estan associats a instal·lacions antigues on s'emmagatzema l'aigua sense control per part del subministrador, cosa que pot afectar la qualitat de l'aigua de sortida a l'aixeta del consumidor: si no es fa una correcta neteja dels dipòsits - cosa que succeeix molt sovint, sobretot en habitatges on resideix gent gran- poden aparèixer bacteris i microorganismes que comporten l'aparició de malalties.

Per promoure l'eliminació d'aforaments i la substitució dels mateixos per comptadors directes s'han articulat actuacions diverses.



En tot cas, la substitució té unes limitacions:

- En funció de l'antiguitat de l'habitatge, el cost de substitució es pot encarir sobretot per les obres interiors de rehabilitació que cal fer per adequar les instal·lacions al nou règim de funcionament i pressions de l'aigua abastada.
- Cal assegurar que els habitatges als quals se'ls ofereix el canvi tenen una xarxa d'abastament amb garanties suficients de pressió en funció de la tipologia d'habitatges existents. En cas contrari, en primer lloc calen inversions a la xarxa d'abastament abans de promoure aquest canvi.
- Molts habitatges antics es troben en règim de lloguer fet que provoca que els arrendataris de l'habitatge, malgrat el possible sobrecost en el rebut de l'aigua, no tinguin interès en el canvi; o que els propietaris tampoc tinguin interès pel motiu contrari, ja que no es fan càrrec del cost del consum de l'aigua.

En qualsevol cas, el primer que cal assegurar és que cap instal·lació municipal mantinguin aforaments si no és imprescindible per causes tècniques o de seguretat.

1. En base a normativa municipal:

Al municipi de Terrassa, en els darrers anys, hi ha hagut una tendència important a substituir els aforaments per comptadors. Del total de 74.000 abonats domèstics de Terrassa, aproximadament el 17% disposa encara d'aforament (l'any 1998, eren un 30%).

L'Ajuntament de Terrassa va aprovar l'Ordenança d'aigües, que preveu per a l'any 2009 l'eliminació de tots els aforaments existents.

Altres casos han aprovat l'obligació al canvi en un termini determinat a través del Reglament municipal del servei d'abastament.

2. A través de la política tarifària:

Un instrument molt eficient per afavorir el canvi d'aforament a comptador és la política tarifària que, determinada pel titular del servei, permet aplicar estímuls econòmics per incentivar el canvi. Complementàriament pot tenir utilitat prendre mesures de finançament (i si cal subvencionar) de les reformes que calguin en les instal·lacions interiors de la casa.

Entre d'altres, els objectius de la política de tarifes locals d'abastament d'aigua és l'assegurament de l'eficiència en el consum. A través de la progressivitat en el preu dels successius blocs de consum, l'aplicació de tarifes als consums municipals o la tendència a substituir aforaments per comptadors.

Les tarifes més antigues que encara es conserven en alguns municipis es basen en la capacitat de subministrament de la canonada. Són els aforaments, en els que el preu es fixa en funció del diàmetre de la canonada amb independència del grau d'utilització real que es fa de l'aigua.

Per tant, es proposa introduir incentius tarifaris a l'estalvi d'aigua. En especial establir mesures que tendeixin a substituir els contractes d'aforament per contractes per consums i aprofundir en la política de blocs, ajustada a les pautes de consum reals dels abonats.

Amb una adequada política tarifaria, entre d'altres motius, el municipi de Mataró va passar de més de 25.000 aforaments a menys de 300 en 25 anys.

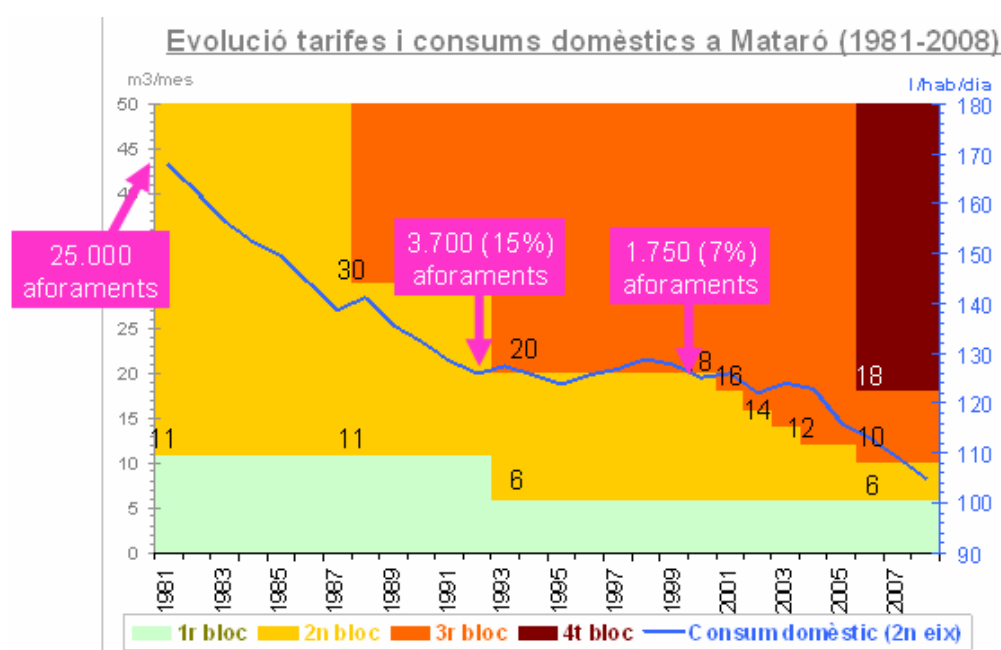


Figura 20: La tarifa com a eina de gestió dels aforaments. Font: Aigües de Mataró.

3. Subvenció de part del cost de substitució:

A l'Àrea Metropolitana de Barcelona hi trobem els subministraments directes mitjançant comptador i els subministraments per aforament. L'any 2010, darrer amb dades disponibles, novament s'ha produït un descens en l'existència d'aforaments, que s'han reduït en un 7,2% respecte dels que hi havia l'any 2009.

En diversos municipis metropolitans, a través d'un conveni entre l'entitat concessionària del servei d'abastament i l'ajuntament, s'ha acordat subvencionar en un 50% el cost de substitució de l'aforament per comptador.



Criteris i informació general del canvi de subministrament d'aforament a comptador.¹⁴

Per tal de fer el canvi s'han d'acomplir els següents requisits: Determinar el lloc de l'emplaçament del comptador. El primer pas serà demanar una inspecció del servei.

Els criteris de determinació de l'emplaçament del comptador són els següents:

- Per normativa està prohibida la ubicació del comptador a terra. Aquesta opció es reserva per quan no hi ha més alternativa.
- Resta prohibida també la ubicació de la caixa del comptador a façanes de zones de la ciutat i edificis declarats urbanísticament protegits.
- La portella pel comptador amb les claus d'entrada i antiretorn és facilitada pel servei. La instal·lació de la portella es a càrrec de l'abonat en el cas de façanes i a càrrec del servei en el cas de voreres.
- El punt de connexió de servei no serà amb tub de plom, sinó amb tub de polietilè. Si el tub és de plom caldrà canviar-lo abans de fer el canvi a comptador.
- En el cas de blocs comunitaris, els canvis es faran només per la totalitat dels usuaris. S'ha d'instal·lar una bateria amb comptadors amb ramals individuals fins a cada pis. Aquestes modificacions són a càrrec dels abonats. S'instal·larà també un comptador general de control les despeses d'instal·lació del qual són a càrrec de la companyia. Aquest comptador de control es donarà d'alta a nom de la comunitat.

La instal·lació amb comptador pot subministrar aigua directa sense grup de pressió fins a determinades alçades que cal consultar al servei per a cada cas de la xarxa.

El servei recomana que encara que es disposi de pressió es mantinguin les cisternes de reserva i grups de pressió. Per cas d'avaries, encara que es pot utilitzar el sistema de by-pass, quan convingui.

L'augment progressiu de la pressió a la xarxa fa necessària una revisió de les instal·lacions interiors per evitar el risc de fuites, que malbaratarien l'estalvi que es pot aconseguir amb el comptador. La millor solució es encarregar aquesta revisió a un instal·lador autoritzat, sobretot si s'han de fer modificacions a la instal·lació.

¹⁴ Font: Aigües de Vilanova i la Geltrú

2.10 Propostes per l'elaboració d'un Reglament del servei d'abastament d'aigua potable

El marc normatiu regulador en matèria d'aigües ha experimentat canvis rellevants en els últims anys arran de l'aprovació d'importantes normes, tant a nivell comunitari europeu, com a nivell estatal i català.

En aquest marc els Ajuntaments gaudeixen d'un import marc de competències, atribuïdes tant per la legislació general de règim local com per la legislació sectorial d'aigües.

Així, correspon al municipi exercir competències, en els termes de la legislació de l'Estat i de les Comunitats Autònomes¹⁵, en matèria de subministrament d'aigua i de clavegueram i tractament d'aigües residuals. Així mateix, l'abastament domiciliari d'aigua potable i el clavegueram es configuren com a servei públic de prestació obligatòria per a tots els municipis. L'abastament d'aigües i la depuració constitueixen un servei essencial i reservat en favor de les entitats locals.

En l'àmbit sectorial s'atribueix als ens locals les competències relatives a l'abastament d'aigua potable i també s'estableixen per Reial Decret els criteris sanitaris de la qualitat de l'aigua de consum humà.

Aquestes àmplies competències municipals, així com les novetats introduïdes en la regulació del subministrament d'aigua potable **aconsellen l'elaboració d'un Reglament del servei d'abastament d'aigua potable** amb l'objectiu d'adequar la regulació local del servei d'abastament al nou marc legal.

A continuació s'exposen dos models de Reglament adaptables a moltes realitats municipals.



REGLAMENT MUNICIPAL TIPUS DEL SERVEI
DE SUBMINISTRAMENT D'AIGUA POTABLE
PER A MUNICIPIS

SUMARI I TEXT ARTICULAT

Grup de treball sobre Recursos Hídrics
Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat



El model de Reglament de la Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat

El present model de Reglament es fonamenta en la Llei 7/1985, de 2 d'abril, reguladora de les Bases del Règim Local, la qual atribueix als municipis la potestat reglamentària en l'àmbit de les seves competències.

En aquest sentit, aquest Reglament és un model amb l'objecte de regular el servei de subministrament d'aigua potable dins del territori del municipi que l'adapti, determinar les relacions entre el prestador del

¹⁵ Més info a: acanet.gencat.cat/scripts/legislacio/menu.asp?idioma=ca



servei i els abonats, i fixar els drets i les obligacions bàsiques de cadascuna de les parts, així com tots aquells aspectes tècnics, ambientals, sanitaris i contractuals propis del servei.

Amb aquesta finalitat, s'estructura en sis títols.

En el primer, s'estableixen una sèrie de disposicions generals i es fixen els drets i les obligacions dels usuaris del servei de subministrament i del prestador del servei.

En el segon, s'incorpora un conjunt d'instruccions sobre la prestació del servei de subministrament i les connexions a la xarxa de distribució.

En el tercer i en el quart es regulen, respectivament, la contractació del servei així com les circumstàncies que determinen la seva suspensió; i la seva mesura.

El títol cinquè regula el consum, i el títol sisè completa les previsions d'aquest Reglament amb la regulació de la inspecció, el règim sancionador i el sistema de consultes i reclamacions dels receptors del servei davant del prestador del servei.

Podeu consultar el document al següent enllaç: <http://bit.ly/pPOvNW>

El model de Reglament de la Federació Espanyola de Municipis (FEMP)

Els serveis d'abastament d'aigües són responsabilitat municipal i, atès l'important nombre d'Entitats Locals amb diferents mides i capacitats, i la diversitat dels volums i característiques de les aigües proveïdes per raó de les seves diferents ubicacions geogràfiques, això produeix múltiples orientacions en la forma de desenvolupar la seva gestió, així com condicions diferenciades en els objectius i nivells de qualitat pel que fa a la prestació del servei es refereix.

La Federació Espanyola de Municipis i Províncies, conjuntament amb diverses entitats locals – inclosa la Diputació de Barcelona - i l'Associació Espanyola d'Abastaments d'Aigua i Sanejament, han considerat que podria ser útil per a molts municipis, en particular per aquells petits i mitjans, el que es pogués disposar d'un Reglament "Tipus", amb els objectius de:

1. Disposar d'un marc jurídic tècnic unificat i actualitzat.
2. Establir unes condicions mínimes però detallades i concretes per al desenvolupament dels serveis d'abastament d'aigua per al consum humà als nuclis urbans.
3. Oferir un document de suport, consulta o suport que pugui ser utilitzat per qualsevol entitat municipal, o supramunicipal, que ho requereixi.

També que tingui un valor didàctic enfront dels actors involucrats en la governança, gestió i ús dels serveis d'abastament d'aigua urbana: Ajuntaments o altres òrgans competents, entitats gestores, proveïdores o subministradores i clients o usuaris i ciutadans en general .

Existeix una important experiència en la reglamentació dels serveis d'aigua, que ha estat tinguda en consideració a l'hora de redactar aquest document, en particular generada en les grans ciutats, dotades de sistemes més complexos i evolucionats i eficaços, però que resulten heterogènies i en general adaptades a les peculiaritats i experiències puntuals.

El document s'estructura en 10 capítols i un annex (que tracta de les situacions d'excepcionalitat o emergència en cas de sequera) i es complementa amb un formulari auxiliar que proposa un contracte tipus de subministrament i uns croquis esquemàtics sobre la instal·lació dels dispositius tècnics de connexió de servei i mesura.

Els dos primers capítols tracten sobre les normes generals, com ara l'objecte, la competència del responsable legal del servei, l'àrea de cobertura i la diferenciació dels usos de l'aigua urbana, i les definicions dels termes o conceptes específics manejats en el Reglament .

En els capítols III i IV es concentren tant els drets com les obligacions dels clients del servei d'aigua urbana.

El principal dret del Client és el de disposar d'un servei permanent de subministrament d'aigua per al consum humà, en les condicions establertes amb detall en el document i en la normativa complementària i auxiliar, havent de ser informat i atès adequadament a totes les consultes i reclamacions sobre les condicions tècniques, administratives, comercials, econòmiques, o ambientals pogués plantejar.

Les obligacions bàsiques se centren en l'ús o consum de l'aigua de conformitat amb criteris d'estalvi, eficiència i ús racional, preservant les instal·lacions pròpies i públiques, per evitar el seu deteriorament o el de la qualitat de l'aigua subministrada, i satisfer les contraprestacions econòmiques establertes via tarifes o taxes.

Correspon el capítol V les obligacions i drets de l'entitat gestora, subministradora o subministradora d'aigua per al consum humà a la població.

Es considera obligació prioritària subministrar aigua a qualsevol usuari que demani el servei i compleixi amb les condicions bàsiques establertes: mantenir i conservar l'equipament i infraestructures afectes al servei i garantir l'aptitud per al consum humà de l'aigua.



Són drets de l'entitat gestora els de percebre els ingressos econòmics pertinents per la prestació del servei, així com la capacitat d'inspecció (amb les salvaguardes que es fixen en dret) de les instal·lacions interiors dels clients i la suspensió del servei o subministrament de forma temporal o permanent segons les condicions fixades amb detall.

En els capítols VI, VII i VIII s'estableixen els mecanismes i procediments per demanar i obtenir una connexió i el subministrament d'aigua corresponent, la signatura del contracte, juntament amb la definició de l'equipament requerit per controlar els consums, la seva homologació i verificació, els detalls de la lectura periòdica del comptador i el règim de contraprestació econòmica pel servei d'abastament.

Es reserva el capítol IX per establir quins són els processos de consulta per part del Client, les obligacions de l'entitat gestora en relació amb la resolució de la demanda d'informació i la resolució de reclamacions.

Els incompliments de les condicions establertes en aquest Reglament es regulen en el capítol X, on s'expliciten tant les infraccions, graduant d'acord al seu importància i transcendència, com el procediment sancionador, la baremació s'estableix mitjançant una valoració econòmica indirecta, a través del cost que en cada moment tingui una quantitat determinada de metres cúbics que estableixen els articles corresponents, per així evitar obsolescències de caràcter econòmic pel pas del temps.

S'estableixen a més mesures excepcionals de gestió amb l'objectiu de dissuadir els clients de l'ús i consums inadequats d'aigua, mitjançant mecanismes provisionals com ara la reducció dels valors límits dels blocs de consum, les pujades conjunturals de preus unitaris o el reajustament de els períodes de lectura i facturació.

El document es pot sol·licitar a la web www.femp.es

Exemples d'experiències de millora de l'eficiència de les xarxes d'abastament urbà

1. Instal·lació de comptadors en alta

Algunes experiències: Ajuntament d'Òdena, Barcelona, Mataró, Terrassa, La Poble de Claramunt...

En el municipi d'Òdena, Igualada, la xarxa en alta disposa de comptadors.

La disposició de diversos comptadors permet quantificar les demandes en alta dels diferents elements singulars de les instal·lacions de la xarxa d'abastament d'aigua. Amb aquestes dades es pot avaluar el consum global de les instal·lacions.

Barcelona també disposa de comptadors en alta a la xarxa per millorar el control i prevenció de possibles fuites i/o avaries a la xarxa.

Les empreses concessionàries d'aigües a Mataró i Terrassa també disposen de comptadors en la xarxa d'alta per controlar el consum d'aigua que es distribuïria per la xarxa en baixa.



Il·lustració 16: Comptador d'un dipòsit de la xarxa en alta del municipi de la Poble de Claramunt.

Font: Pla director d'abastament d'aigua potable, fet per Aquaplan. Client: Aigües de Rigalt

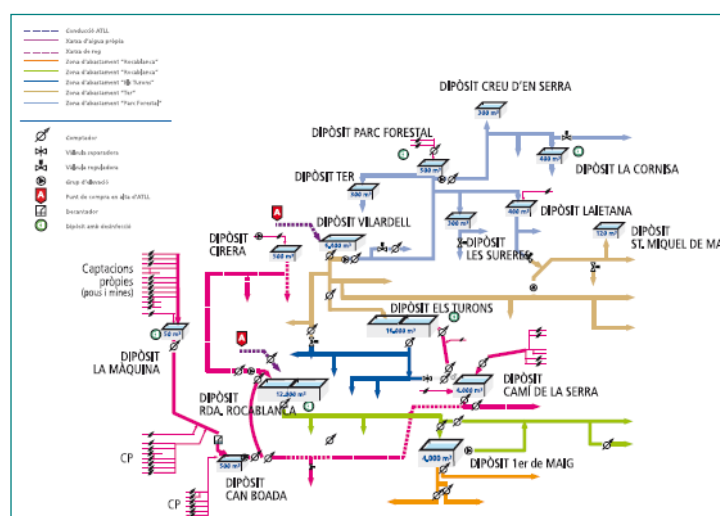


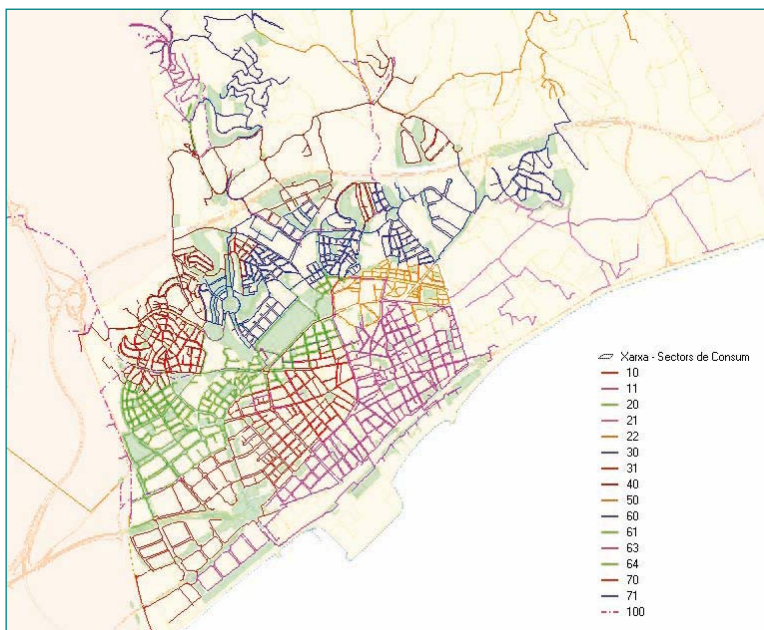
Figura 21: Estructura xarxa d'abastament d'Aigües de Mataró on es representen els comptadors en alta Font: Aigües de Mataró



2. Telecontrol

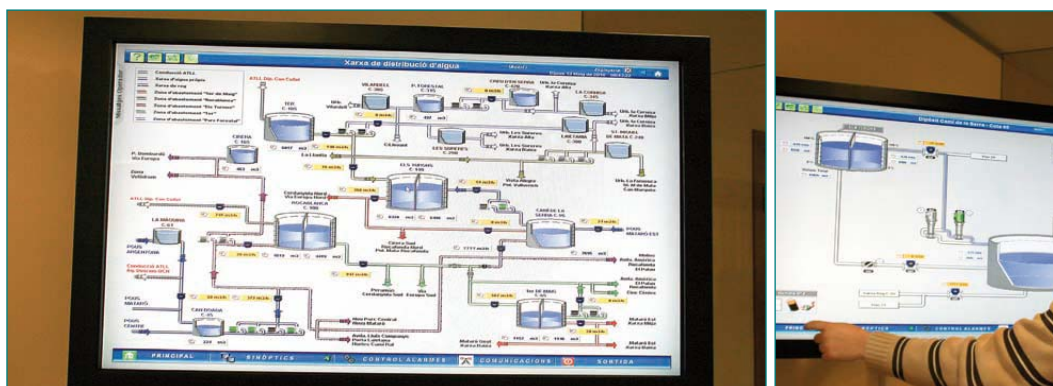
Ajuntament de Mataró

Un municipi amb experiència en telecontrol sectorització és Mataró on l'empresa pública Aigües de Mataró treballa des de fa temps en millorar l'eficiència de la xarxa d'aigua potable, gestionant les seves instal·lacions (operació d'equips i/o sistemes automàtics) amb una major seguretat i estabilitat.



Il·lustració 17: Xarxa d'abastament del municipi de Mataró per sectors de consums. Font: Aigües de Mataró

Es tracta d'un sistema que ens permet la supervisió i operació a distància de totes les operacions dels equips o sistemes automàtics. Normalment engloba la gestió de dades i un servidor de pantalles.



Il·lustració 18: Aplicació informàtica del telecontrol a Mataró

Font: Aigües de Mataró

Ajuntament de Barcelona

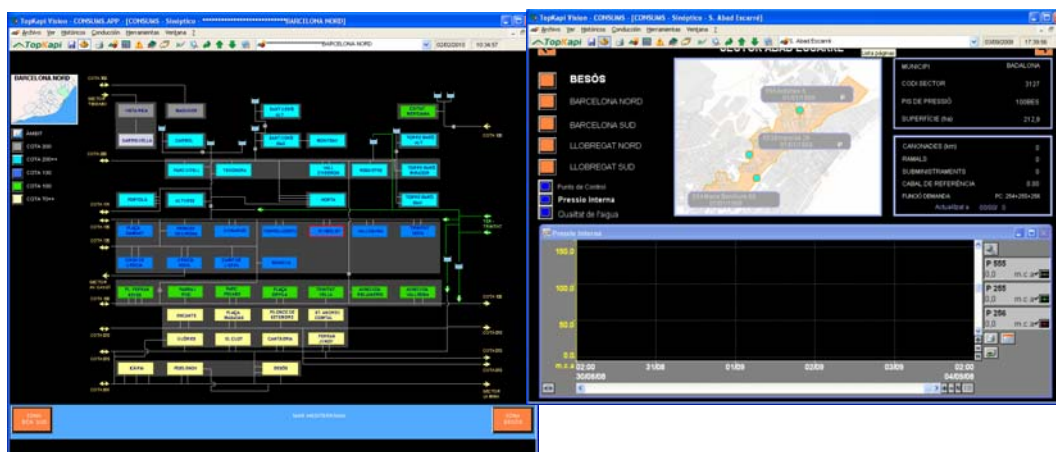
A la ciutat de Barcelona, el sistema de telecontrol sectorització permet adquirir i visualitzar tota la informació referent als sectors en què es distribueix la xarxa hidràulica d'Aigües de Barcelona, i posteriorment analitzar aquesta informació mitjançant un sistema d'informació.

El programari utilitzat en el centre de control és el sistema d'informació Scada Topkapi 4.0 el qual comunica una vegada al dia amb els datalogger (Radcom Multilog, Pegasus) informació sobre cabal cada 10 minuts, i en alguns casos pressió, en punts clau de la xarxa hidràulica.

A partir d'aquesta informació s'obté el consum dels Sectors als que delimiten. El Scada té definit més de 30.000 variables provinents aproximadament 450 punts de control (aproximadament 230 sectors).

La visualització de la informació es distribueix en cinc nivells: pantalla d'àmbit, pantalles de Gerència, pantalles de Pisos de Pressió, pantalles de Sector i pantalles de Punt de Control, on s'ofereix informació sobre la xarxa hidràulica i els consums.

A més permeten fer un manteniment dels equips a través de la visualització d'un sistema d'alarmes.



Il·lustració 19: Imatges del sistema de Telecontrol a la ciutat de Barcelona

Font: Aigües de Barcelona



Altres municipis

També tenen la xarxa d'aigua potable per sectors amb telecontrol els municipis de Terrassa, Rubí i Sant Cugat del Vallès, entre altres.

Des de fa anys, Aigües de Múrcia aposta en el telecontrol i sectorització de les seves xarxes. Actualment compta amb 280 estacions de telecontrol a les xarxes d'aigua potable amb 45 que són estacions de control de qualitat.

La seva funció és la supervisió contínua dels punts neuràlgics del proveïment, permetent actuar sobre els mateixos amb l'obertura i tancament de vàlvules, arrencada i parada de bombes, gestió dels nivells de dipòsits, qualitat de l'aigua, etc.

Moltes novetats tecnològiques tenen cabuda en aquest departament; 789 instruments de mesurament en continu, analitzen durant les 24 hores del dia tots els aspectes que puguin afectar a l'aigua, el nivell de pH o el cabal són algunes de les dades reflectides, 1.800 equips com a autòmats i emissores treballen al carrer, controlats per més de 160 sistemes automàtics, 5 xarxes de comunicació de radi i més de 10.000 circuits de senyalització que avisen de qualsevol anomalia a la xarxa.

3. Microsectorització

Diversos municipis

A la província de Murcia s'estan duent a terme aquest tipus d'implantació d'aplicacions ofimàtiques per l'anàlisi i explotació de dades a la xarxa d'aigua potable, a més de la seva microsectorització de la xarxa d'aigua potable i el control del cabal mínim per la nit.

Altres exemples a Catalunya de municipis on es fa microsectorització de la xarxa és el municipi de Sant Cugat del Vallès. A més, en el municipi de Rubí, l'empresa concessionària d'aigües (SOREA) porta anys treballant en la microsectorització de la seva xarxa d'aigua potable.

Sant Just Desvern té previst fer una petita inversió per millorar l'eficiència de la xarxa d'aigua potable. Es pretén microsectoritzar la xarxa amb l'objectiu de detectar possibles fuites a diversos parcs de gran grandària del municipi.

4. Detecció de fuites

Diputació de Barcelona

L'equipament que es posa a disposició dels Ajuntaments de la província de Barcelona per part de la Gerència de Serveis de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona, va destinat a pal·liar les deficiències de coneixement de l'estat i el traçat de les xarxes de proveïment d'aigua potable i de qualsevol xarxa de conducció d'aigües amb pressió, per establir una diagnosi acurada i poder valorar les accions correctores necessàries per esmenar els trams amb fuites.

La dotació d'aquests sensors s'integra dins d'un vehicle preparat amb les eines auxiliars necessàries pel treball de camp en zona urbana.



Il·lustració 20: Unitat mòbil de la Diputació de Barcelona. Font: DiBa

La unitat mòbil té adaptada la cabina com a centre de treball desplaçat i conté 14 correladors, 66 permalogs, 2 unitats d'interface, 1 geòfon i 1 localitzador de canonades i cables de corrent soterrats.

L'activitat s'ofereix als ajuntaments amb autogestió del sistema de proveïment públic. L'estudi pel seguiment de l'estanqueïtat de la xarxa es desenvolupa en varies etapes:

1. Reunió de treball per a la recollida d'informació bàsica i establiment del pla de treball. És important disposar de plànol i informació actualitzada de la xarxa.
2. Realització del treball de camp. En el seu transcurs s'informa a l'ajuntament de les deficiències observades.
3. Elaboració de l'informe tècnic. Avaluació i diagnosi de resultats i mesures a prendre.

És imprescindible la col·laboració del tècnic municipal amb el de la Diputació.

Cal recordar que les característiques del material no identificat correctament, la baixa pressió, el terreny i sorolls a la zona d'estudi poden interferir en la identificació de fuites pel soroll de l'aigua que es perd. No totes les fuites són discriminades i detectades pels sensors.



Altres casos: Rubí

Al municipi de Rubí, entre altres, disposen d'equips pre-localitzadors de fuites (Sepem-01), que no surten a la superfície, a la xarxa d'aigua potable mitjançant el soroll.

Aquest equip Sepem és un logger que enregistra dades de mesures i les envia automàticament al receptor via telefonia mòbil digital. Aquestes mesures es poden configurar que les agafin en un temps i una durada determinats pel tècnic, preferiblement per la nit i en períodes de trenta minuts a una hora aproximadament. Per tant, es una manera eficaç de tenir monitoritzada la xarxa de distribució d'aigua, d'una forma permanent.



Il·lustració 21: Equips pre-localitzadors de fuites (Sepem) instal·lats en el municipi de Rubí. Font: AGBAR

5. Telelectura

Fundació AGBAR

En els últims 10 anys, s'han dut a terme diferents iniciatives de Telelectura variades tant en el seu enfocament, problemàtica a resoldre, com en la solució proposada.

A continuació, es resumeixen les experiències més rellevants recopilades per la Fundació AGBAR:

- Aigües de Barcelona. Implantació, control, supervisió i manteniment en camp d'una solució basada en concentrador mitjançant connexió en bus amb els comptadors i comunicacions GSM i/o GPRS per més de 12.000 comptadors (incloent-hi els 3.000 clients de major consum), com a primer pas per a la validació i planificació òptima del desplegament a la resta de l'explotació.
- SOREA (Societat Regional d'Abastament d'Aigua), Catalunya i Illes Balears. Implantació, operació i manteniment d'una solució de telelectura via ràdio on tota la infraestructura de sistemes i comunicacions mòbils és proporcionada per Agbar, seguint un model d'externalització completa:
- 8.000 comptadors a l'àrea de Barcelona (Sant Cugat, Badia del Vallès, Mollet, Ripollet, Castellar del Vallès, ...)
- 6.000 comptadors en la resta de poblacions de Catalunya.
- Implantació en curs de 16.000 comptadors (3.500 a finals del 2011) en els municipis de Tossa de Mar, Begur, la Jonquera i la Bisbal de l'Empordà (província de Girona)
- Implantació en curs de 20.000 comptadors (4.500 a finals del 2011) a Tarragona, Sitges, Salou, Valls i Benicarló (Sud de Catalunya)
- Implantació en curs de 9.000 comptadors (1.500 a finals del 2011) a Calvià (Mallorca, Illes Balears)
- Aigües de Barcelona. Implantació d'una solució de telelectura *walk by*, mitjançant captura de lectures i informació addicional per Punt de Lectura Remot mitjançant 'jack' i Terminal Portàtil de Lectura per a més de 450.000 clients.
- EMACSA (Empresa Municipal de Aguas de Córdoba), Córdoba, Espanya. Sistema integral de telelectura amb xarxa fixa en 6 barris de la ciutat, amb més de 4.100 comptadors. Es facilita una lectura bimestral i la gestió integral de qualsevol ordre de treball relacionada amb els comptadors o amb la infraestructura de telelectura a canvi d'un fee mensual per comptador telellegit, en el marc d'un contracte signat per 8 anys, sense inversió inicial per part del client. Aquest projecte pretén ser la fase prèvia al desplegament de la solució en la resta de la ciutat en els propers anys. Tota la infraestructura de sistemes i comunicacions mòbils és proporcionada per Agbar, seguint un model d'externalització completa.



- Emasagra (Empresa Municipal de Aguas de Granada), Granada, Espanya. Implantació, operació i manteniment d'una solució de telelectura basada en connexió per bus per aproximadament 2.000 comptadors. Tota la infraestructura de sistemes i comunicacions mòbils és proporcionada per Agbar, seguint un model d'externalització completa.
- Aquagest Levante, Espanya. Implantació, operació i manteniment d'una solució de telelectura mixta (via ràdio o bus) per aproximadament 1.500 comptadors a Benidorm, Riola, Torrent, Pego i Alfara del Patriarca. Tota la infraestructura de sistemes i comunicacions mòbils és proporcionada per Agbar, seguint un model d'externalització completa.
- Aguagest Región de Murcia, Espanya. Solució orientada a la identificació de fuites i possibilitat d'obertura i tancament remot del subministrament per a 2.000 clients aproximadament a les explotacions de Múrcia, Cartagena, Torremolinos i Estepona. Solució basada en concentrador Agbar amb comunicació per bus amb els comptadors i vàlvules d'obertura i tancament.

6. Gestió del Parc de comptadors

Ajuntament de Barcelona i Mataró

A l'empresa d'Aigües de Barcelona es realitzen mesurament acurat dels cabals utilitzats instal·lant comptadors electrònics intel·ligents, de gran sensibilitat i que, com a prestacions afegides, proporcionen una sèrie d'informacions tals com detecció de cabals de fuites. També possibiliten la discriminació del moment en que es realitza el consum, la qual cosa podria permetre aprimar el consum en hores i dies vall.



Aigües de Mataró estudia la possibilitat d'implantar comptadors electrònics a la xarxa d'abastament. El canvi dels comptadors mecànics per els electrònics no es va fer per només qüestions de fiabilitat de la lectura si no perquè aquest nous comptadors donen més informació, tenen un valora afegit que és el disposar de tots el registres, per tant permet als usuaris fer un seguiment precís dels hàbits de consum i optimitzar-lo. Dels 50 grans consumidors que serveix Aigües de Mataró, el 86% disposen de comptadors electrònics.

Il·lustració 22: Comptadors digital d'Aigües de Mataró i recollida de dades en uns dels parc de comptadors. Font: Aigües de Mataró

7. Ecoauditories

Ajuntament de Torredembarra

A l'Ajuntament de Torredembarra es fan auditories municipals per identificar possibles fuites o un ús fraudulent de l'aigua municipal. Aquestes ecoauditories van a càrrec de l'ONG Ecologistes en Acció. Aquesta ONG va fer nombroses auditories en diversos municipis, és per això, que a finals de l'any 2010 van publicar un estudi amb totes les experiències que han obtingut en aquestes auditories.

Es van redactar guies de l'ecoauditories de consum d'aigua a:

- Oficines
- Zones esportives municipals
- Centres educatius

Com a tipologia d'**oficines** podem incloure una gran varietat d'espais on el consum d'aigua acostuma a estar limitat a l'ús de lavabos pel conjunt de treballadors i usuaris de l'edifici. Biblioteques, Ajuntaments i determinades instal·lacions municipals s'adeqüen bé a aquesta categoria. Destaca també el fet que són zones de contacte directe amb la població municipal, motiu pel qual es multipliquen les possibilitats de difusió i sensibilització.

L'elevat nombre d'usuaris de la població en aquest tipus d'espais els fan ideals per a tasques de sensibilització. En aquests edificis es pot mostrar una síntesi del control realitzat a altres espais, així com realitzar un seguiment del comptador més rigorós que el realitzat per l'empresa.



Il·lustració 23: Mecanisme d'estalvi en les aixetes d'oficines

Font: Ecologistas en acción

Algunes tecnologies d'estalvi innovadores es poden donar a conèixer en aquests edificis, amb un seguiment proper per part del personal treballador, abans d'estendre-les a altres espais.

La **zona esportiva** o el pavelló d'un municipi es troba quasi sempre al capdamunt del rànquing de grans consumidors municipals. Però hi ha una gran varietat de tipologies de zona esportiva.

Poden incloure un pavelló, piscina, pistes i camps de futbol, i poques vegades hi ha comptadors que permetin diferenciar entre els

diferents consums. I no tots aquests consums depenen del nombre d'usuaris del complex esportiu.

És fonamental aconseguir identificar de forma segregada les diferents fonts de consum d'aigua del nostre principal consumidor. Amb aquesta finalitat, cal insistir en aconseguir



comptadors segregats per la piscina, el rec i el pavelló, sempre que sigui possible. Sense consum segregat, esdevé molt més difícil identificar tendències de despesa o fins i tot fuites. I un cop el tinguem, serà molt més fàcil avaluar les millores dels canvis que s'introdueixin.

D'altra banda, les lectures trimestrals dificulten un estudi acurat de les tendències en el consum d'aigua. A les zones esportives, la presència de personal municipal que hi treballa de forma fixa permet introduir un protocol per registrar la despesa d'aigua de forma setmanal o mensual. Així s'estableix un seguiment paral·lel de la despesa, que es pot fer públic cada mes a l'entrada de les instal·lacions.

Escoles i Instituts sempre es troben entre els grans consumidors municipals, i sovint n'encapçalen el rànquing, acompanyats dels centres esportius. Centenars de persones els utilitzen cada dia, i acostumen a tenir extenses instal·lacions i desenes de punts d'aigua que s'utilitzen de forma intensiva.

A vegades inclouen zones verdes i horts, així com instal·lacions esportives, cuines i dutxes.

Les lectures trimestrals fan difícil un estudi acurat de les tendències en la despesa de l'aigua. Malgrat que seria desitjable conèixer els consums mensuals, setmanals o diaris, no sempre està a les nostres mans que s'estableixi un control d'aquest tipus.

Els centres educatius, però, són espais ideals per introduir protocols que regulin el registre de la despesa d'aigua, mitjançant la consulta del comptador de l'escola. Aquest es pot identificar amb l'ajuda de la companyia d'aigües, i establir així un seguiment paral·lel de la despesa.

A més, el seu estudi es pot integrar en l'àritmètica bàsica d'alguns cursos, i fer-se públic cada mes a l'entrada de les instal·lacions. Finalment, servirà per detectar molt més fàcilment pèrdues o patrons de consum estranys.

Actualment, són pocs els municipis on fan auditories (ecoauditories) per controlar els consums dels edificis i zones verdes municipals.

3 Millora de la gestió de l'aigua als espais públics enjardinats¹⁶

Aquest capítol té com a objectiu exposar quin és **l'estat actual de les millors tecnologies disponibles, en relació amb la millora en la gestió de l'aigua als espais públics enjardinats**.

Aquest coneixement ha de permetre:

1. **Donar pautes per a l'optimització de la gestió de l'aigua de reg pel verd urbà**, d'acord amb criteris d'estalvi, eficiència i sostenibilitat.
2. Donar a conèixer el continu hídric sòl-planta-atmosfera, com a eina objectiva **d'avaluació i gestió del verd urbà**.
3. Gestionar les zones verdes mitjançant **indicadors objectius**.

3.1 Introducció

Una zona urbana és un espai amb una alta densitat de població, en què es van desenvolupant noves i complexes estructures en comparació amb les àrees al seu voltant.

El seu metabolisme necessita fonts externes d'energia i nutrients (aigua, aliments, materials ...) i produeix calor, grans quantitats de residus sòlids, aigües residuals i la contaminació, sent aquests els principals problemes de les zones urbanes i periurbanes. Aquest metabolisme desenvolupa microclimes específics que s'atribueixen a la contínua absorció i generació de calor per la ciutat, als canvis en el cicle de l'aigua i, als canals de drenatge - això darrer a causa de la dràstica reducció de sòl sense cobertura vegetal a causa de la presència d'estructures urbanes -. Tot això genera grans canvis en el medi de les ciutats i per tant en el grau de confort dels seus habitants.

Al segle XIX, el moviment higienista va desenvolupar una nova forma de vida dels ciutadans a través del disseny de jardins i zones verdes. Aquest procés s'ha incrementat en les últimes dècades amb el desenvolupament econòmic i social. Com a resultat d'aquest procés, l'urbanisme i el paisatge han adquirit un paper important en la qualitat de vida de les persones.

Molts barris que es van generar en les ciutats europees han anat perdent el seu valor de treball industrial i s'han convertit en llocs amb una millor qualitat de vida, la qual cosa ha generat un gran interès per la **ciutat sostenible**.

¹⁶ Aquest capítol també es publicarà independentment en la col·lecció Estudis de la Sèrie Medi Ambient de la Diputació de Barcelona.



En els últims anys ha augmentat significativament la quantitat i qualitat de la recerca en aquests temes desenvolupant importants congressos i reunions respecte de l'estat del verd a les nostres ciutats.

Botànics, ecofisiòlegs, paisatgistes, agrònoms, arquitectes, científics socials i els administradors dels nostres municipis s'han reunit i reuneixen i per tant s'organitzen, amb l'objectiu de prendre iniciatives per restaurar i millorar la vegetació en les ciutats¹⁷.

Cal ressaltar per la seva gran importància, encara que sigui conegut, que l'hàbitat mediterrani està afectat per un estrès doble: la sequera i altes temperatures a l'estiu i les baixes o molt baixes temperatures a l'hivern; i la seva integració amb els components del canvi global, que pot portar a llargs períodes de sequera¹⁸. Aquestes **característiques climàtiques** de l'àrea mediterrània poden generar potencialment que la **vegetació de les zones urbanes** tingui importants limitacions per al seu creixement i desenvolupament, especialment quan s'espera d'elles un elevat valor ornamental, baixos costos i serveis ecosistèmics i arquitectònics¹⁹.

Així mateix, cal assenyalar que l'estrès per baixes temperatures i les gelades s'han reduït, al centre i sud de la Península Ibèrica i altres zones de l'Europa mediterrània del sud²⁰.

L'augment variable de la temperatura, global o local i les alteracions en els patrons de pluges a causa del canvi climàtic d'origen antropogènic²¹ poden tenir una gran influència en els balanços hídrics i de carboni²², i per tant en l'equilibri dels ecosistemes.

La Mediterrània és una de les zones potencialment més vulnerables al canvi climàtic i en conseqüència, és propensa a patir pèrdues en la productivitat agrícola, tant directes - menor producció - com indirectes - augment dels costos - ¹¹. Per a la Península Ibèrica, la regionalització dels models climàtics indiquen un augment de la temperatura mitjana cap a final del segle XXI d'entre 2,5 i 4,5 ° C²³, i una tendència a la reducció de la precipitació mitjana anual d'entre el 10 i el 40%²⁴. A més, l'augment previst de l'aridesa s'espera més significatiu durant l'estiu ¹⁷.

¹⁷ Veure Bibliografia Savé, 2009a

¹⁸ Terradas i Savé, 1992

¹⁹ Savé, 2009b; Chaparro i Terradas, 2009

²⁰ Segons l'informe de l'AEMA - Número 4/2008, RR N° JRC47756 CCI com a resultat d'un estudi realitzat per al període 1975-2007

²¹ IPCC, 2007, Sheffield i Wood, 2008

²² Gràcia et al., 2010; Llebot, 2010; Valentini et al., 2000

²³ Christensen and Christensen, 2007

²⁴ Rosenzweig i Tubiello, 1997; Sumner et al., 2003

Les projeccions dels diferents models d'escenaris de canvi climàtic mostren que la regió de la Mediterrània seria la més freqüentment afectada per les sequeres de durada mitjana (4-6 mesos) i llarga (més de 12 mesos). Es preveu que aquests episodis seran entre tres i vuit vegades més freqüents que en l'actualitat ²⁵. Aquests períodes de sequera coincideixen amb el període de més ràpid creixement de les plantes i per tant té conseqüències com la disminució i inhibició del desenvolupament i la producció final neta ²⁶.

D'altra banda, les previsions de creixement del turisme i l'increment residencial, suggereixen que la regió de la Mediterrània és la que més acusarà aquesta pressió.

²⁷

Així doncs, **la vegetació de parcs i jardins a la zona mediterrània s'haurà d'adaptar a les condicions futures de canvi global** i intentar disminuir els danys a la pròpia vegetació i ajudar a la mitigació dels efectes negatius a les zones urbanes.

L'optimització de la jardineria i la restauració paisatgística en ambient urbà, passen sens dubte per racionalitzar els consums, per incrementar o tractar d'arribar a la sostenibilitat. Així en el punt clau de les nostres condicions ambientals actuals, les mediterrànies estrictes, els consums d'aigua i en associació, fertilitzants, pesticides, i mà d'obra, energia a la fi, es poden, s'han de reduir mitjançant:

- la utilització **d'espècies autòctones** adequades cada circumstància;
- la correcta gestió de la **fertilitat** del sòl/substrat ²⁸;
- la utilització d'aigües **freàtiques** ²⁹,
- l'ús d'aigües **regenerades** ³⁰
- i l'ús de la tècnica del **reg mínim** ³¹.

L'estudi i coneixement dels patrons de creixement i les respostes ecofisiològiques d'espècies vegetals sotmeses a diversos estressos abiòtics pot donar lloc a indicadors que poden proporcionar criteris tècnics objectius per millorar els

²⁵ Sheffield i Wood, 2008

²⁶ Di Castri and Money, 1973

²⁷ EEE - Informe N ° 4 / 2008, RR N ° JRC47756 CCI

²⁸ Bures, 1993; Savé et al., 1996a

²⁹ Pelegrí, 1997

³⁰ Mujeriego, 1990; Sumpsi et al., 1998

³¹ Costello et al., 1992; Sachs, 1981, 1991; Sánchez-Blanco i Torrecillas, 1995; Araujo-Alves et al., 1999



processos d'enjardinament i revegetació en base a criteris de baix consum hídric, xerojardineria ³² .

Atenent a les consideracions anteriorment exposades, des de l'any 1993, diverses ciutats van fixar en els seus objectius el programa de gestió diferenciada dels espais verds públics i l'aplicació de criteris de sostenibilitat d'acord amb les directrius marcades en l'Agenda Local 21 recollides a la Carta d'Aalborg.

Les **directrius principals de la gestió diferenciada dels espais verds** passen per:

- la protecció i potenciació de la **natura a la ciutat** per contribuir a l'equilibri ambiental del sistema artificial de les urbs,
- acompanyada d'una **racionalització del consum** de recursos i d'unes actuacions amb un marcat caràcter ecològic,
- la racionalització del consum **d'aigua** per a regar,
- implantació de sistemes de **reg més eficients**
- i aprofitament **d'aigües no convencionals** per a regar ³³.

Com a resultat de l'aplicació d'aquests criteris s'ha vist com a Barcelona s'ha anat reduint sensiblement en els últims anys el consum d'aigua potable per al reg. Això es deu a les millores tecnològiques en el sistema de distribució i control de l'aigua de reg, al canvi d'espècies i de concepte de jardí i a l'incipient, però interessant ús d'aigües no convencionals. Com hem vist, això no és nou sinó que segueix les tendències desenvolupades en altres països amb característiques edafoclimàtiques i culturals semblants, però amb un major nivell econòmic, com seria el cas de l'estat de Califòrnia a USA ²⁷.

La utilització de la tècnica del **reg mínim** ha de permetre mantenir un adequat valor ornamental i productiu als jardins amb un molt baix suport hídric ³⁴ . Així en assaigs realitzats a Califòrnia i a Catalunya ³⁵, es posa de manifest que aplicacions hídriques entre un 15 i un 25% de la ET₀ durant el període primavera-estiu no fan disminuir el valor ornamental de les plantacions, sempre que les reserves hídriques a la primavera siguin adequades i que durant el període amb baixa demanda

³² Bures, 1993; Cohen 1994; Savé et al., 1997; Ginestar i Castel, 1997; Goldhamer et al., 1999; Goldhamer i Fereres, 2001; Moriana i Fereres, 2002; Remonini i Massai, 2003

³³ Mujeriego, 1990, Salgot, 2002, NTJ 17R, 2011

³⁴ Sachs i Shaw, 1992

³⁵ Assaigs realitzats a Califòrnia per l'Environmental Horticulture Department de la Universitat de Califòrnia, Davis i més recentment en els desenvolupats entre aquest departament i el Departament d'Horticultura Ambiental de l'IRTA, en el marc del Projecte Fulbright conjunt "Optimització de l'ús de l'aigua en restauracions del paisatge i xerojardineria en condicions de clima mediterrani. Comissió d'Intercanvi Cultural, Educatiu i Científic entre Espanya i els Estats Units d'Amèrica (PROGRAMA FULBRIGHT Ref. 99142) 1998-2000 "

evaporativa, l'aportació hídrica mai sigui superior al 25% de la ET_0 ²⁵. D'igual manera la reducció en l'aportació hídrica donarà lloc a reduccions en la producció³⁶ amb el consegüent estalvi en manteniment^{28 i 37}.

L'escassetat d'aigua per a reg genera la necessitat **d'utilitzar fonts alternatives**. És indiscutible que el reciclatge i la reutilització d'aigües no convencionals com aigües freàtiques o de drenatge, o aigües residuals regenerades per a l'agricultura, la indústria o altres usos urbans no potables, i en el cas que ens ocupa la jardineria, es pot convertir en una estratègia altament efectiva per gestionar de manera sostenible els recursos hídrics en zones amb escassetat. No obstant això, és essencial entendre els **aspectes sanitaris** relacionats amb l'ús de tot tipus d'aigües no convencionals per poder adoptar les mesures de control necessàries i limitar els riscos sanitaris²⁷.

A tots aquests interessos de tipus científic-tècnic, amb una clara visió finalista, productivista, s'ha d'afegir un fet difícilment avaluable econòmicament, però que s'ha de tenir en compte, com és el de la qualitat de vida dels habitants d'una determinada àrea. Actualment, aproximadament el 45% de la població està urbanitzada, amb més d'un 70% en els països desenvolupats i gairebé un 40% en els països en vies de desenvolupament. La creixent urbanització a Espanya, com són els 400 habitants per hectàrea de Barcelona ciutat³⁸, exigeix major qualitat de vida, majors i millors espais verds i en conseqüència una major eficiència dels recursos hídrics, de per si escassos en moltes ciutats i pobles mediterranis.

El **medi ambient urbà** és un mosaic d'hàbitats artificials i naturals amb condicions climàtiques i hidrològiques que els diferencien de les zones rurals adjacents. En el seu intent de generar unes condicions de vida agradables, els habitants de les ciutats i àrees densament poblades generen una **gran diversitat de vegetació**. Per poder complir el seu objectiu **ornamental, estètic, sanitari i mediambiental**, aquesta vegetació s'haurà d'adaptar a unes condicions molt extremes i concretes, per la qual cosa haurà de ser seleccionada per la seva resistència davant aquests tipus d'estres i haurà de ser tractada, cultivada, dirigida mitjançant tècniques i sistemes complexos³⁹.

En aquest context socioeconòmic en el qual el concepte medi ambient va adquirint cada dia més rellevància, sembla clar que una de les actuacions principals és **l'optimització de l'ús de l'aigua**, sigui quina sigui la seva procedència i/o qualitat, per la qual cosa disposar del perfecte coneixement de la resposta dels vegetals

³⁶ Savé et al., 1993; De Herralde et al., 1998

³⁷ García-Navarro et al., 2004

³⁸ Terradas, 1987

³⁹ McNeely, 1995



mitjançant sensors és peça clau per al desenvolupament d'aquest tipus de polítiques de gestió agronòmica del verd ⁴⁰.

La jardineria, la producció agrícola en general, cal desenvolupar-la en el segle XXI sota conceptes **d'estalvi, eficiència i sostenibilitat**, la qual cosa pot contribuir al desenvolupament de polítiques eficients d'adaptació de l'agricultura, la jardineria a nous paradigmes ambientals/econòmics i a la mitigació del canvi climàtic, per reducció de la presència de gasos hivernacle, bé per reducció d'emissions, bé per increment de captures ⁴¹.

En les últimes dècades ha sorgit un gran interès per a la **planificació** i el seguiment dels corredors ecològics, la biodiversitat dins i fora de les ciutats, la promoció de l'ús sostenible de les terres i la construcció d'habitatges amb criteris ecològics i de conservació de la energia. Aquesta planificació regula l'expansió de la construcció i la desaparició de zones verdes.

En ciutats tan denses com Barcelona o en municipis on l'espai que es podria dedicar a zones verdes és molt limitat, la possibilitat de construir noves zones en teulades o murs està interessant cada cop més a usuaris, arquitectes i a empreses del sector.

Moltes de les **cobertes verdes urbanes** actuals van ser dissenyades, pensades per a climes més atlàntics, i tenen diversos avantatges com un baix manteniment, alt valor ornamental, entre d'altres, però en condicions de clima mediterrani, presenten problemes com la implantació, creixement i desenvolupament de la vegetació, un nivell insuficient de biodiversitat i un desenvolupament desigual entre les espècies. Per aquests motius l'estudi de noves espècies, les seves combinacions, l'aportació del reg, la gestió de la vegetació, són punts clau per a la implantació i desenvolupament de zones verdes de baixos requeriments a Espanya i països de la conca mediterrània.

Estudis en condicions mediterrànies permetran desenvolupar solucions agronòmiques basades en el coneixement ecofisiològic que permetin desenvolupar opcions de jardineria i paisatgisme en les nostres zones urbanitzades, ja que fomentar la instal·lació de zones verdes a la ciutat ha de ser no només per raons estètiques, sinó perquè hi ha criteris objectius que ofereixen beneficis econòmics i ambientals que es deriven de la seva instal·lació.

Per fomentar el desenvolupament de zones verdes s'han de tenir en compte condicions ambientals, normatives,... , però amb un pas previ experimental i demostratiu, per a proporcionar el coneixement científic i la base tècnica i objectiva, que serveixen per introduir aquest sistema de restabliment de la vegetació urbana,

⁴⁰ Mas, 2005

⁴¹ Pan et al., 2011, Folch 2009a, Terradas 2010

amb una àmplia gamma de la seguretat i contribuir d'aquesta manera a generar coneixements de base per a les polítiques de desenvolupament de normes i lleis socioeconòmiques i ambientals.

Aquests estudis sens dubte han d'afectar a la major eficiència en l'ús de l'aigua, de procedències i qualitats molt diverses en jardineria, ja que l'escassetat i/o irregularitat hídrica és una característica de les zones mediterrànies. Han de també tenir com a condicions irrenunciabls i noves la recerca de zones verdes que siguin:

1. Ambientalment **sostenibles**.
2. Amb requisits de **manteniment** baixos.
3. Que desenvolupin una important **cobertura** en les diferents estacions.
4. Amb valor **estètic**.
5. Amb capacitat **al·lèrgògena** baixa.
6. Resistents a la **sequera** i a les baixes temperatures.
7. Amb baixos requeriments de **reg**, amb aigües de característiques físico-químiques diverses, en l'espai i temps.
8. Amb elevats valors **ecosistèmics** (retenció contaminants, baix poder de generació de precursors d'ozó, increment de la biodiversitat, desenvolupament de corredors verds ...).

Aquestes zones a més han d'oferir qualitat, estabilitat, traçabilitat i el respecte al medi ambient com a factors clau en la seva producció i posterior ús. El canvi climàtic i global que potencialment ens afecta i afectarà, no genera realment condicions desconegudes: la diferència és el gran nivell d'acceleració i sinergia entre factors. Per tant, en les condicions actuals la gestió de l'aigua en zones verdes ha de buscar les següents solucions:

1. **Adaptar el material vegetal** per a l'ús i destí previst, tenint en compte les seves característiques ecofisiològiques.
2. **Augmentar l'eficiència en l'ús de l'aigua** a través de mètodes i sistemes que integrin tant les nostres necessitats com a usuaris com les del material vegetal, juntament amb la disponibilitat d'aigua.
 - 2.1. Desenvolupar un nou concepte de programació de reg basat en l'ús de sensors per ajudar en la presa de decisions agronòmiques.
 - 2.2. Utilitzar aigua reciclada o regenerada i / o de pluja.



En conclusió, com a **punts forts de la jardineria urbana actual** es pot citar:

- que es fomenta l'ús de plantes natives,
- l'augment de la biodiversitat,
- l'ús eficient de l'aigua de reg de qualitats molt diverses,
- l'increment de qualitat ambiental, ...

La qual cosa ha de proporcionar criteris objectius per al desenvolupament de tècniques de gestió i de legislació relativa al disseny i la construcció, el manteniment, l'ajut econòmic i de seguretat.

Actualment, s'ha de valorar que la jardineria, junt amb la gestió dels espais verds i la restauració del paisatge, són sectors creixents. Aquests, malgrat ésser quantitativament poc importants, qualitativament no es poden menysprear per l'espai que ocupen, per la vegetació utilitzada, per les aigües emprades i molt especialment pel be social- higiènic que representen. **L'ús de l'aigua per reg** de jardins i restauracions paisatgístiques es situa en valors propers al **10% de tot el consum de la regió metropolitana de Barcelona**.

Així el verd en general, i sobretot el verd de lleure i molt especialment l'ornamental, s'ha convertit en els darrers anys en una de les eines de desenvolupament turístic més important del país. Però aquestes zones verdes en general, estan sotmeses a un corrent d'opinió contrari, que es basa en l'apreciació del consum excessiu aigua, nutrients i plaguicides, que pot comportar problemes de contaminació i sostenibilitat.

De fet, pel reg d'aquestes instal·lacions s'usa i/o s'usava una important quantitat d'aigua de xarxa o de potencial utilització per al consum de boca que, com hem dit més amunt, s'ha anat reduint en ciutats com Barcelona, Badalona, Granollers, Malgrat de Mar i un llarg etcètera.

Tenint en compte les sequeres típiques de la Mediterrània occidental, amb patrons no massa previsibles, però prou importants i repetides, l'assegurament dels recursos hídrics ha esdevingut una necessitat primordial. Aquest, requereix una planificació important i la **creació de determinades infraestructures hidràuliques**, així com la potenciació de la regeneració i reutilització de les aigües residuals.

Per tot això es desenvolupen tot un conjunt de lleis:

- Pla Director de Camps de Golf de Catalunya a finals del 2001 Obligatorietat per a tots els camps de golf de Catalunya la utilització aigües residuals regenerades.
- Decret 22/2002 de 22 de gener

- Les entitats locals no podran destinar aigua potable per al funcionament de fonts ornamentals.
- Només es recorrerà a la utilització d'aigua potable per a neteja de carrers quan sigui imprescindible per mantenir les condicions higièniques i sanitàries adients i, en aquest cas, se n'utilitzarà el mínim indispensable.
- La utilització d'aigua per al reg de jardins públics es reduirà al mínim indispensable, i amb un límit màxim de 450 m³/ha/mes.
- Quan es destinin aigües no potables per als usos esmentats, caldrà que estiguin prèviament desinfectades i es mantingui el mateix efecte de manera residual o estigui controlada microbiològicament la seva innocuïtat.

D'igual manera es un compromís important del nou Govern de la Generalitat de Catalunya l'aprofitament d'aigües residuals pel reg de jardins i restauracions de paisatge.

Com a darrera consideració, cal tenir en compte que la Península Ibèrica és un territori climàticament heterogeni i al llarg de tota la seva geografia hi trobem espais verds de lleure i amb funció ornamental, els quals, en conseqüència tindran uns requeriments, especialment hídrics força diferents. Això és especialment visible al llarg de les autopistes, que la recorren de nord a sud i d'est a oest tractant de mantenir uns criteris d'uniformitat tot i existir diferències edafoclimàtiques molt marcades en les zones en que es situen.

A tot això cal afegir els problemes derivats de l'escassetat d'aigua i/o de l'ús d'aigües regenerades, com són la sequera, la salinitat i en conseqüència la necessitat d'afegir dosi de rentat al reg, el que pot dificultar el drenatge en determinats terrenys.

Tot això comporta la necessitat de conèixer el funcionalisme del continu hídric, sòl – planta - atmosfera, les relacions hídriques. Per tal fer-ho, emprarem com eina, **l'ecofisiologia**, que és la part de la fisiologia que relaciona la resposta dels vegetal amb les condicions ambientals abiòtiques o biòtiques.

També ens caldrà definir el terme eficiència en l'ús de l'aigua, que en general és producció respecte aigua emprada, però aplicar-ho en jardineria és més complex i requereix de la definició prèvia del gestor, ja que molt be podria ésser valor ornamental, estètic respecte de l'aigua emprada. Sent aquest numerador molt subjectiu.



3.2 El vector aigua

En tota la conca mediterrània en general i en l'estat espanyol en particular, en els darrers anys s'estan produint canvis importants en la forma de vida de la seva població. Així el desenvolupament de la ciutat difosa, la segona residència i el turisme han generat un nou model de creixement, d'ocupació de l'espai i en conseqüència d'ús dels recursos ⁴².

Com és de lògica, l'increment en l'ús de l'aigua ha estat important, tant per despesa directa per la població com indirecta per usos metabòlics³². Dins dels no metabòlics cal destacar-ne els usos de l'aigua associats al lleure en les seves més variats exponents: esport, lleure, jardineria, paisatge, anti-contaminació, anti-estrès, etc.

Tot i que les despeses hídriques actuals no són tant importants com es preveia uns quants anys abans, a causa d'un millor aprofitament de la precipitació, millores tecnològiques en tota la cadena de l'ús de l'aigua, a l'increment del cost del seu ús i de l'energia per utilitzar-la i a la progressiva conscienciació tant de les administracions com dels consumidors ⁴³.

Actualment l'agricultura, que inclou la jardineria, consumeix valors propers al 80% de l'aigua disponible. En ambients urbans i citant fonts de l'empresa pública aigües del Ter-Llobregat, en la regió metropolitana de Barcelona aproximadament el 10 % de l'aigua que es rep des de diferents fonts de subministrament (Ter 200 Hm³, Llobregat 106 Hm³, recursos subterranis 193 Hm³) s'utilitza en els diferents Serveis Municipals.

Tanmateix, hi ha consciència de malbaratament de l'aigua, sobretot per part de l'agricultura i la jardineria⁴⁴, per aquest motiu des de les diferents administracions es plantegen una nova cultura de l'aigua (veure lleis de la Generalitat de Catalunya d'entre altres), sent part d'aquesta solució l'aprofitament d'aigües subterrànies i o regenerades.

En l'optimització del reg és important conèixer en primer lloc la vegetació que s'ha de regar i el tipus d'ús que se li vol donar⁴⁵ per a continuació plantejar diferents solucions tecnològiques⁴⁶ per tal d'obtenir els efectes desitjats.

Respecte de les tipologies de qualitat d'aigua emprades o potencialment emprades pel reg de les zones verdes urbanes i periurbanes en tindrem que referir a la bibliografia recomanda²⁷ i les Normes tècniques de jardineria (NTJ17R).

⁴² Domene et al., 2002, Pares et al., 2003

⁴³ Solley et al., 1993

⁴⁴ Sumpsi et al., 1998; APEVC 2004

⁴⁵ Savé et al., 2004

⁴⁶ Celdran et al., 1995, Ramírez de Cartagena et al., 2004

Cal plantejar la pregunta de: **hi ha problema d'aigua pel reg de les zones verdes dels nostres municipis?**, si la resposta és afirmativa, **de quina mena són els problemes?**

De l'observació i de l'intercanvi d'informació amb diferents persones vinculades amb la gestió del verd a nivell municipal (enquestes), sembla que hi ha *problemes estables i puntuals*.

Aquests, a l'entendre dels autors d'aquest capítol, són els ocasionats arran de l'aplicació del **Decret de sequera** (ACA 2007):

1. A la manca d'emmagatzemament d'aigua en el sòl, escocells i jardineres,
2. La no disponibilitat en la majoria de parcs i zones d'arbrat lineal urbà d'hidrants amb aigües que no siguin de la xarxa potable
3. I al propi disseny i gestió hídrica dels parcs i a la tipologia de la vegetació.

El decret de sequera a part de les funcions socials que clarament té, afecta d'una manera molt directa a la gestió del verd ornamental, sobretot del verd urbà.

En aquest punt cal fer valoracions tècniques respecte de la dotació d'aigua permesa en el decret de sequera, així es pot aportar regs de $540 \text{ l}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{any}^{-1}$, als quals si afegim els $400\text{-}800 \text{ l}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{any}^{-1}$, que és aproximadament la mitjana de la precipitació en la província de Barcelona, es podria gestionar quasi qualsevol tipus de vegetació. Per tant, és cert que el decret **genera limitacions, però aquestes poden ésser reduïdes amb un plantejament tècnic adient**.

3.2.1 Manca emmagatzematge aigua

Una de les limitacions més importants és la manca d'emmagatzemament d'aigua en el sòl, en els escocells i en les jardineres - es descriurà més endavant -.

Com s'ha esmentat en la introducció cal valorar que les previsions de **canvi climàtic** que es desprenen de molts informes donen previsions a grans escales, que cal matisar a nivell regional i local, en aquest sentit, es pot dir que hi ha una tendència a l'increment de temperatura, tot que amb grans oscil·lacions periòdiques; mentre que la precipitació tot i mostrat quantitativament una tendència a la baixa, aquesta no es prou significativa i presenta grans oscil·lacions temporals i espaials.

L'increment de temperatura pot donar lloc a increments en els graus dia acumulats (canvis en fenologia) i a majors evapotranspiracions potencials, tot i que caldrà valorar aquest punt amb cautela, donat que també s'incrementarà l'evaporació del mar, la qual cosa pot fer augmentar el contingut relatiu d'aigua en l'atmosfera i en conseqüència disminuir el dèficit de pressió de vapor. Aquest fet fa difícil que en condicions costaneres es pugui valorar com serà la transpiració dels vegetals. Per tot això es pot dir, que inclús en les previsions més negatives sembla que no es



poden generar problemes de subministrament, més enllà de la creixent necessitat d'aigua, a causa de l'increment de superfície verda que s'ha produït arreu dels nostres municipis des de la instauració de la democràcia.

D'aquestes consideracions, es desprèn la necessitat **d'objectivitzar les demandes reals de la vegetació** i per altre, estandarditzar els mètodes de càlcul de les necessitats i aportacions del reg⁴⁷.

Això podria aconseguir-se mitjançant **l'ús de sensors** en el continu hídric sòl-planta-atmosfera com poden ésser sensors de tensió o capacitància en el sòl, sensors de canvi de diàmetre o de flux de saba en planta, o bé sensors remots d'imatges espectrals de la vegetació⁴⁸. En resultaria l'aplicació de **tècniques pròpies de l'agricultura de precisió a la gestió del verd urbà** i en conseqüència una optimització dels recursos.

La xerojardineria⁴⁹ valora que no es tracta de regar amb les màximes necessitats hídriques de les plantes, sinó que a partir d'un disseny de reg adequat es realitza una correcta planificació, mantenint la qualitat paisatgística del jardí amb aportacions molt controlades.



Fig.3.1. Enjardinament costaner resistent a la salinitat i l'aerosol marí en la costa de Sant Salvador (Comarruga, Tarragona).

Hi ha molts manuals, moltes publicacions referents al reg que tenen en compte totes les variables necessàries per a calcular una correcta dosi de reg. Tanmateix, sempre hi ha temes a millorar i un d'ells es fer un càlcul més acurat de les necessitats de reg dels jardins tenint en compte la **variabilitat microclimàtica** entre les diferents zones d'aquests i de la seva situació micro geogràfica.

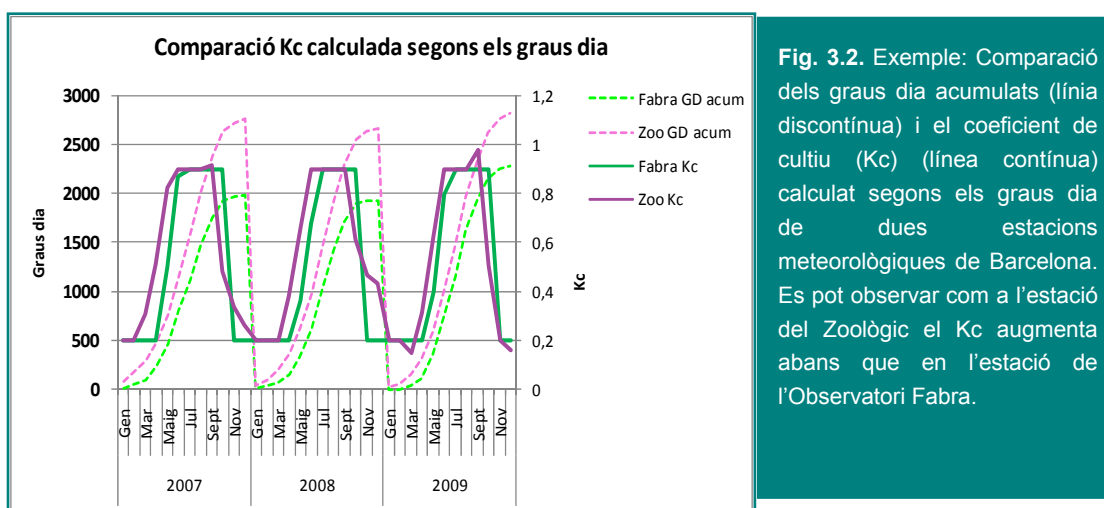
⁴⁷ García-Navarro et al., 2004

⁴⁸ Casadesús et al., 2005; Llobet et al., 2006; Savé et al., 2004

⁴⁹ Burés, 1993

Així, a tall d'exemple es pot dir que a la ciutat de Barcelona, la zona costanera acumula un 45% més de graus dia que la zona perifèrica muntanyosa, o com aquesta ciutat, en la zona costanera, acumula un 7% més de graus dia que Badalona, municipi en la mateixa situació geogràfica, però de menor mida i metabolisme.

Aquestes diferències fan que els graus dia s'acumulin en algunes parts, abans que en d'altres, la qual cosa genera canvis fenològics (brotacions, floracions, caigudes de fulles, durada de les mateixes, patologies, ...). Per tant, el reg s'hauria de començar a aplicar abans i també aturar abans en aquestes àrees (Figura 3.2) i tenir ben present, que aquestes majors temperatures, sobretot a l'estiu, poden generar majors demandes evaporatives i per tant increments en les necessitats de reg, per la vegetació.



Una altra millora seria realitzar els càlculs de les necessitats de reg setmanalment (o mensualment) tenint en compte la variabilitat interanual de la pluviometria i la evapotranspiració.

Com es pot veure en la figura 3.3, existeixen diferències de pluja i ETP en els diferents anys en les dues estacions. Per aquesta raó, utilitzar la pluja i la ETP promig de diversos anys per a calcular el reg pot fer que una setmana la dosi no sigui suficient i en d'altres es regui en excés; un excés que no queda disponible per a la vegetació degut a la baixa capacitat d'emmagatzemament d'aigua dels sòls, especialment en els escocells, que hem mencionat abans.

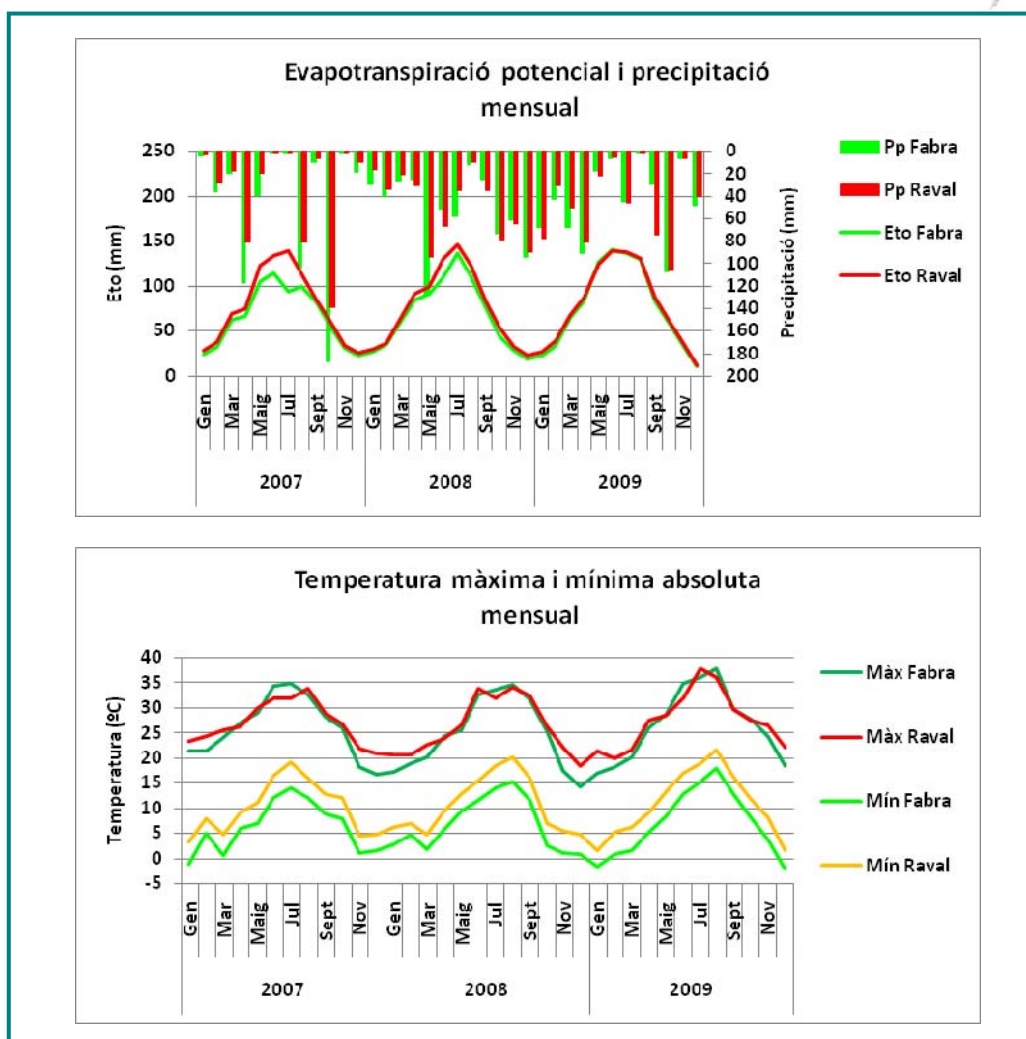


Fig. 3.3. Evapotranspiració de referència (ET_0) i Precipitació en mm (dalt) en l'estació meteorològica de l'observatori Fabra i al Raval. Temperatura màxima i mínimes de les dues estacions

3.2.1.1 Tècniques de reg

Respecte de les **tècniques de reg emprades**, el sistema de reg per aspersió és junt amb el d'inundació el més utilitzats en l'agricultura de Catalunya i possiblement també en jardineria.

Aquests sistemes presenten determinats inconvenients, entre ells restriccions quan es pretenen utilitzar aigües regenerades o de baixa qualitat, a causa de la formació d'aerosols, o bé a que poden mullar directament el producte que ha d'esser consumit.

En el context descrit, el reg per degoteig es presenta com un sistema amb importants avantatges respecte a l'aspersió. Per una part es limiten els riscos sanitaris quan s'utilitzen aigües regenerades, especialment si el sistema és

enterrat⁵⁰, per altre part és més segur enfront d'actes vandàlics i finalment, en condicions adequades de projecte i maneig, la seva eficiència és superior.

Tipus vegetació	Tipus espai verd	Sistemes de reg automàtic			
		Aeri		Localitzat	
		Aspersió	Difusió	Superficial	Degoteig enterrat
Àrees de gespa	Us ornamental	✓	✓		☑
	Us esportiu	✓			☑
	En talussos	✓	☑		
	Prats	✓			
Arbres i palmeres	Aïllats o en grups			✓	✓
	Viaris o alineació				✓
Arbusts	Aïllats o en grups			✓	✓
	Tanques			✓	✓
	En talussos			✓	✓
Plantacions herbàcies	En parterres	✓	✓	✓	☑
Jardineres i similars			✓	☑	

☑ Apte

✓ Idoni

Taula 3.1. Idoneïtat dels sistemes de reg per a cada tipus d'espai verd (adaptat de la Norma Tècnica de Jardineria 04R NTJ 01I (Recomanacions de projecte d'infraestructures de reg, NTJ 04R Instal·lacions de sistemes de reg: reg aeris per aspersió i difusió (Part 1) i regs localitzats superficial i enterrat (Part 2).

⁵⁰ Oron et al., 1992



3.2.1.2 Sensors d'humitat

La darrera millora, però més costosa, seria la instal·lació de sensors d'humitat en el sòl i/o en la planta, en punts determinats del jardí per a detectar mancances o excessos d'aigua i així poder ajustar la dosi de reg.

És una tècnica que dóna bons resultats en aplicacions agrícoles però que en jardineria té el problema de la gran diversitat de vegetació, sòls, orientacions, vandalisme.

Però, sens dubte és el futur, ja que pot esser molt útil com a indicador de possibles anomalies del sistema de reg.



Fig. 3.4. Exemples de manca d'uniformitat del sistema de reg per aspersió (dreta) i degoteig (esquerra) que produeixen zones pavimentades que reben aigua i zones amb plantes mortes degut al mal funcionament dels degotadors

3.2.2 Mètodes de càlcul de les necessitats hídriques dels jardins

3.2.2.1 El concepte d'evapotranspiració

L'evapotranspiració (ET) engloba dos conceptes ben diferenciats: l'evaporació (E) del sòl i la transpiració (T) de la planta a través de les fulles.

El clima, a través de la energia disponible per a evaporar aigua i de la eficàcia del transport turbulent per a difondre el vapor d'aigua cap a l'atmosfera, determina la taxa de la ET, en altres paraules, la ET defineix la capacitat evaporativa d'un ambient donat⁵¹.

L'ET és un paràmetre necessari per a una adequada programació dels regs i per a establir les dotacions i dimensionat de les xarxes de reg. La determinació de la ET permet optimitzar l'aigua de reg, adequant les quantitats i la freqüència en relació a les necessitats reals de les plantes i a les característiques del sòl.

En 1948, Penman proposa una equació fiable amb una base física seria per a predir l'evaporació d'una superfície lliure d'aigua. En 1956, Penman utilitza per primera vegada el concepte d'ETP (Evapotranspiració Potencial) per a definir aquesta capacitat, i més tard, en 1974, Doorenbos i Pruitt ho substitueixen per altre terme, l'ET₀ (Evapotranspiració de Referència) definint-la com la taxa d'evapotranspiració d'una extensa superfície de gespa (*Lolium perenne*) ben regada⁵². Altres autors com Jensen et al. (1971) han proposat com a alternativa l'ET₀ de l'alfals, essent aquesta última d'ús més restringit que l'anterior.

Aquests mètodes són en part empírics i encara que han sigut contrastats en una gamma àmplia de climes, poden crear errors si són extrapolats i aplicats a altres zones⁵³. Fins i tot, quan s'utilitza l'equació de Penman calibrada amb dades d'ET₀ mesurada en varis lisímetres es poden donar errors en l'estimació diària de l'ET₀ de més del 25%, implicant una necessitat imperiosa de calibrar localment qualsevol equació si es desitja estimar l'ET₀ amb error inferiors al 25%. Serà necessari per lo tant disposar de mètodes com lisímetres, tècniques aerodinàmiques o balanç d'energia, per a mesurar l'ET₀⁴⁵.

⁵¹ Fereres, 1987

⁵² Pruitt et al., 1986

⁵³ Castel et al., 1987



3.2.2.2 Mètodes micrometeorològics per a estimar la evapotranspiració de les plantes

Es pot determinar l' ET_0 mitjançant fórmules empíriques que utilitzen dades meteorològiques, o a través de mesures directes d'evaporació de l'aigua (E_0), d'un evaporímetre Standard classe "A" del Weather Bureau de 1.2 m de diàmetre i 0.3 m d'alçada. S'obté l' ET_0 del tanc d'evaporació multiplicant l' E_0 per un coeficient (K_t) que depèn de la situació del mateix (U), dels vents (V) i de la humitat relativa (HR) existent.

$$ET_0 = E_0 \times K_t$$

El valor de K_t per a les nostres condicions pot variar de 0.7 a 0.8, essent 0.75 un valor mig acceptable.

La mesura de l' E_0 pot realitzar-se manual o automàticament mitjançant sensors electrònics de nivell. De fet a l'actualitat es comercialitzen aquests sistemes automàtics per a controlar el reg, substituint les estacions climàtiques automatitzades.

De les diferents fórmules empíriques existents com les de Hargreaves, Blaney-Criddle, Thornthwaite, mètode de radiació solar, etc., l'equació de Penman modificada ha tingut una àmplia aplicació a nivell internacional al tenir una base física més completa - utilització de dades de temperatura, humitat relativa, radiació solar neta i global i velocitat del vent -.⁵⁴

Les dades de ET_0 es poden consultar per internet a través de la web de www.ruralcat.net en les més de 150 estacions de la xarxa agroclimàtica de Catalunya.

3.2.2.3 Evapotranspiració real

Per a estimar la evapotranspiració real es multiplica la ET_0 , que recordem es calcula per a una superfície de gespa ben regada, pel coeficient del cultiu (K_c) que és diferent per a cada espècie, varietat, estat fenològic, tipus i maneig de sòl. Aquest coeficient es calcula en lisímetre de pesada, on es relaciona la

$$ET_{real}/ET_0 = K_c$$

Es poden trobar coeficients de cultiu en espècies agrícoles i hortícoles en el monogràfic de la FAO⁵⁵. Per a jardins es pot utilitzar el coeficient de jardí⁵⁶ que es descriurà més avall.

⁵⁴ Doorenbos i Pruitt, 1977

⁵⁵ FAO-056) (Allen et al., 1998

⁵⁶ Costello et al., 1992

3.2.2.4 Mètodes ecofisiològics

Aquests mètodes es basen en la necessitat de conèixer la funcionalitat del continu hídric, sòl-planta-atmosfera, de les relacions hídriques⁵⁷. Per tal de fer-ho, s'utilitza com a eina, l'ecofisiologia, que és la part de la fisiologia que ens relaciona la resposta dels vegetal a les condicions ambientals abiòtiques o biòtiques.

Així, cal tenir en compte i valorar per a cada situació els diferents mètodes i les seves respostes per a ésser usats en el sòl (gravimetria, tensiòmetres, TDR, FDR, etc.) o en la planta (gravimetria, potencial hídric foliar, bescanvi gasos, flux de saba, dendrometria, etc.)⁵⁸.

La majoria d'aquests mètodes ens donen un indicador de l'estat hídric de la planta que pot ser utilitzat per a decidir el moment idoni del reg i la resposta de la planta a l'aport d'aigua o a l'estratègia de reg que s'hagi establert pel gestor de l'aigua.

3.2.3 Cas concret de càlcul de les necessitats d'aigua en zones enjardinades

3.2.3.1 Densitat de plantació i àrea foliar

La diversitat d'un jardí amb la combinació d'arbres, arbusts i herbàcies de tota mena fan que aquest sigui una estructura vegetal molt complexa, el que comporta grans dificultats en l'estimació de la ETc.

Sembla doncs lògic pensar que fóra bo diferenciar el reg per sectors amb un alt grau d'homogeneïtat que englobi les plantes per tipologia, necessitat d'aigua i edat i així poder calcular una ETc sectorial assignant una Kc mitjana. Amb aquesta aproximació seria pertinent disposar de sistemes de reg el més localitzats possibles i automatitzats, ja que així es podria assignar la dosi necessària per cada sector de jardí.

Altres característiques dels jardins és la gran diferència de densitats que es poden trobar, la qual pot venir determinada pel nombre de peus i/o la conducció.

L'edat pot també condicionar l'àrea foliar i en conseqüència el consum d'aigua.

La mida i/o forma de la capçada en el cas dels arbres i arbusts condicionarà enormement la taxa d'evaporació d'aigua del sòl i de retruc la quantitat d'aigua disponible per la vegetació. A la vegada, la superfície d'intercepció de la radiació per les capçades condiciona la taxa de transpiració.

⁵⁷ Passioura, 1982

⁵⁸ Savé et al., 2004



3.2.3.2 Microclima

Un altre factor que té que ser considerat és el microclima del jardí i que es veu afectat per la localització geogràfica del mateix (litoral o interior, altitud, aïllat o rodejat per edificis, etc), però també per la distribució de les espècies dintre del jardí ja que depenen del tipus de vegetació hi haurà més cobertura del sòl (gespa i entapissants), ombres, intercepció de l'aigua de pluja (arbres), protecció front els vents dominants (arbres alineats o tanques), zones pavimentades que són impermeables i irradien calor, zones d'aigua, etc. que poden modificar el microclima del jardí.

Segons tot l'explicat anteriorment va fer que Costello et al. proposessin el mètode del coeficient de jardí (KL), el qual té en consideració tres coeficients en funció de l'espècie (Ke), densitat (Kd) i microclima (Km), com a mètode per calcular les necessitats hídriques d'un jardí.

Un punt clau del coeficient de jardí, és que no està plantejat per obtenir la màxima producció sinó una qualitat ornamental determinada.

El coeficient de jardí es calcula mitjançant la següent fórmula:

$$KL = Ke \times Kd \times Km$$

- *Coeficient d'espècie (Ke):*

La necessitat d'adaptar el reg als requeriments de la vegetació, pot arribar a generar jardins en que les espècies s'agrupin en funció d'aquests requeriments i no de l'estètica, com és norma en l'actualitat.

Així de dades bibliogràfiques i experiències de camp, Costello va definir tota una sèrie de coeficients orientatius per les diferents espècies (Taula 3.2). En cada cas hi ha tres valors, baix (b), mitja (m) i alt (a) en funció del consum d'aigua per les plantes. A Costello et al. (2000) es poden consultar aquests valors per diferents espècies en climes similars al nostre com és el cas de Califòrnia (www.water.ca.gov/wateruseefficiency/docs/wucols00.pdf).

Taula 2: Coeficients aproximats en funció de les espècies, densitat i microclima per a calcular el coeficient de jardí (KL) segons Costello et al. (1992).

Tipus de vegetació	Coef. espècie (ke)			Coef. densitat (kd)			Coef. microclima (km)		
	A	m	b	a	m	b	a	m	b
Arbres	0.9	0.5	0.2	1.3	1.0	0.5	1.4	1.0	0.5
Arbusts	0.7	0.5	0.2	1.1	1.0	0.5	1.3	1.0	0.5
Entapissants	0.7	0.5	0.2	1.1	1.0	0.5	1.2	1.0	0.5
Plantacions mixtes	0.9	0.5	0.2	1.1	1.1	0.6	1.4	1.0	0.5
Gespes	0.8	0.7	0.6	1.0	1.0	0.6	1.2	1.0	0.8

Per a tenir en compte l'època de l'any s'aplica un altre factor f que és igual a 1.0 durant l'estiu i 0.6-0.8 per la resta de l'any. Llavors Ke es transforma en $Ke' = f \times Ke$

- *Coeficient densitat (Kd):*

En un jardí hi ha una gran diversitat de densitats, per això i a nivell orientatiu es dona un valor mitja de 1, i de 0.5 i 1.4 pels valors baixos i alts.

- *Coeficient de microclima (Km):*

El valor mitja $km = 1.0$ es dona quan no hi ha una influència externa sobre les condicions naturals del jardí, és a dir quant les edificacions, paviments i en general superfícies reflectants no influeixen en el microclima.

Ajuntant totes les formules anteriors es pot calcular la ETL::

$$KL = Ke' \times Kd \times Km = (Ke \times f) \times Kd \times Km$$

$$ETL = ETo \times KL$$

I finalment es pot calcular les necessitats netes i la dosi de reg.



3.2.3.3 Càlcul de les necessitats hídriques

El càlcul de les necessitats hídriques (NH) es pot fer pel mètode del balanç hídric que té en compte l'entrada d'aigua per la pluja i/o pel reg, les sortides per evaporació del sòl i transpiració de la planta i la reserva d'aigua en el sòl segons la fórmula següent:

$$\text{Necessitats netes} = \text{Pluja efectiva} - \text{ETc} \pm \text{Reserva d'aigua al sòl}$$

On la pluja efectiva és un percentatge de la pluja caiguda i que depèn de la quantitat de pluja i el tipus de coberta, ETc és la evapotranspiració real (que en el cas d'un jardí és ETL) i la reserva d'aigua al sòl dependrà de les condicions anteriors al moment de fer el càlcul del reg i de les característiques del sòl.

La dosi bruta de reg total es calcula amb la següent fórmula:

$$\text{Dosi de reg} = \frac{\text{Necessitats netes} + \text{LS}}{\text{SRef}}$$

Ls és el percentatge aplicat per a rentar les sals de la zona radicular i SRef és l'eficiència del sistema de reg que pot ser entre 0.7 i 0.9 per al reg per aspersió i de 0.7 0.95 en el reg per degoteig.

3.2.3.4 Programació del reg

Un cop s'ha calculat la dosi de reg s'ha de decidir la freqüència i temps de reg que dependrà del sistema de reg (p.e. cabal nominal dels degotadors, pluviometria aspersors), les característiques físiques del sòl o substrat, la qualitat i la disponibilitat d'aigua. Normalment se solen fer regs més freqüents en sòls amb baixa retenció d'aigua com són els sorrencs i regs més espaiats en sòls argilosos.

En els casos en que l'aigua tingui una elevada concentració de sals a part de la dosi de rentat extra és convenient realitzar regs freqüents.

Un cop s'ha realitzat la programació és molt important comprovar que realment s'està aportant l'aigua calculada i per això és necessari instal·lar comptadors d'aigua almenys en la canonada general.

3.2.4 Avaluació de la gestió actual de l'aigua en el reg de zones verdes municipals

Per tal d'avaluar la gestió de l'aigua en diferents municipis es va distribuir una enquesta en municipis de característiques diferents en quant a mida i clima. Les preguntes que es van fer va ser la mida de les superfícies verdes, el tipus d'aigua que s'utilitza per al reg, el sistema de reg i el consum d'aigua.

A partir de la petita mostra d'enquestes rebudes es pot deduir i valorar els següents resultats:

- El 83% dels municipis que van contestar l'enquesta reguen amb aigua potable.
- El 34% no tenen dades del consum d'aigua pel reg d'aquestes zones.
- En els que tenen dades de consum es detecta que el 29% s'ajusta a les necessitats de les plantes, el 43% supera les necessitats però és assumible i el 13% rega en excés. Normalment es rega en excés les zones amb gespa.
- En la majoria de municipis el reg és per aspersió i degoteig i utilitzen reg amb manega per a regs puntuals de l'arbrat viari.

Els resultats són força coincidents amb els calculats i mostrats en l'informe *Càlculs de les necessitats d'aigua dels jardins*⁵⁹. En el citat informe es va fer pales que les gespes en molts dels casos rebien una sobredosi d'aigua, que era un 183% més en certs casos, però en d'altres rebien un 70% menys d'aigua de la que teòricament necessitaven. Mentre que les espècies llenyoses es regaven en certs casos un 70% més i en altres un 74% menys de la que els càlculs indicaven.

Com a idea general es va concloure que les gespes es regaven per sobre de les seves necessitats, mentre que els arbres i arbusts es feia per sota, sense que es pugues parlar de consum luxuriós, excepte en casos concrets.

Les raons per aquesta disfunció entre els càlculs i les quantitats realment aportades per reg poden atribuir-se al diferent tipus de fisiologia, de funcionament d'aquests grups vegetals.

Així, les gespes en general tenen una relació més estreta entre reg i producció per la qual cosa es tendeix a regar en excés per a poder mantenir uns valors de qualitat alts (color verd intens, densitat alta, cobertes mono específiques, textura, etc.).

Pel contrari, en el manteniment dels arbusts i arbres s'intenta frenar el seu creixement reduint l'aport d'aigua i nutrients per a evitar podes. No obstant, en certs casos aquest tipus de plantes amb un sistema radical que es pot desenvolupar en

⁵⁹ Fet per l'IRTA a comanda del GIAC (Gestió Integral d'Aigües de Catalunya), l'any 2004



profunditat intenten cercar fonts alternatives d'aigua (clavegueres, canonades que tenen petites fugues o en les juntes, aigües sub-superficials que venen d'altres regs, etc.) on absorbeixen la quantitat d'aigua necessària per a seguir creixent sense reg. Aquest comportament es detecta sobretot en els exemplars que porten temps plantats i sobretot en l'arbrat viari.

3.2.4.1 Efecte de la tipologia del parc

En l'estudi citat es van avaluar els consums teòrics de diferents parcs i jardins de 3 municipis i es van comparar amb els consums reals. En els consums teòrics a part del tipus de vegetació, la densitat i el microclima es va tenir en compte el sistema de reg emprat i es va afegir un 20% d'aport extra d'aigua per al rentat de les sals presents a l'aigua de reg.

En dos casos donat que les zones enjardinades estaven majoritàriament cobertes de gespes, es regaven aproximadament un 51% per sobre de les necessitats teòriques.

En un tercer cas, a causa de la mida de la ciutat, a la seva complexitat i possiblement a la tradició en la construcció i gestió de jardins, presenta una gran diversitat, que dona lloc a tipus ben diferenciats. Així, d'acord amb els càlculs teòrics, els espais verds i petites jardineres es regaven un 44% més (tot i estar formats quasi exclusivament per arbusts); les places grans (de 2500 a 5000m²) un 58% més (formats per gespa i arbres); els parcs petits (de 2500 a 5000m²) un 3% més (formats per gespa, arbusts i arbres) i els parcs mitjans (de 10000 a 25000m²) un 63% més. Pel contrari i també d'acord als mateixos principis teòrics, les places petites (de fins a 500m²) i les mitjanes (de 500 a 2500m²) rebien un 15 i un 20% menys respectivament i les rotondes i els passejos un 29 i un 99% menys respectivament.

Els motius d'aquesta diversitat són els apuntats en l'apartat anterior, el tipus de vegetació condicionaven enormement l'aport d'aigua pel reg, així mentre les gespes rebien un reg en excés, en les espècies llenyoses era just al contrari.

També es va comprovar que en els municipis de fora de la regió metropolitana de Barcelona el consum d'aigua era menor que en els de dins la regió, la qual cosa podria ser atribuïble a tota una munió de factors com poden ser el clima, la tipologia del jardí (mida, espècies, substrat, etc.), el tipus de gestió i la tradició cultural implícita en el reg (ciutat versus camp).

Com a conclusió de les enquestes es pot dir que s'ha de millorar el càlcul de les dosis de reg, la distribució i el control del consum d'aigua per tal d'estalviar i mantenir la qualitat ornamental.

3.3 El sòl

Sense ignorar els dèficits d'aigua per la vegetació, que poden ésser atribuïts al canvi climàtic, cal valorar altres aspectes com són la disponibilitat de sòl per qüestions constructives i de disseny arquitectònic.

Així, amb la promulgació de la Constitució, que en el seu article 45 estableix l'obligació de reparar el dany produït en el medi ambient, s'inicia un procés d'adaptació de la regulació d'activitats a aquest principi.

La restauració del sòl després d'una pertorbació com pot ser la construcció d'un parc o jardí no està molt descrita. Normalment els criteris són molt laxos, i en molts casos cal parlar de substrats en lloc d'autèntics sòls, ja que aquests han estat eliminats en la fase d'urbanització de nous espais urbans i tan sols han estat parcialment restituïts en les zones de plantació. Aquest fet comporta canvis en la disponibilitat de matèria orgànica, característiques d'infiltració, de conductivitat hidràulica, de textura, etc. junt amb una greu i gran limitació volumètrica⁶⁰.

En la majoria de parcs, sobretot en els més recents, el sòl, és un substrat constituït per una fina capa de terra vegetal i restes de construcció, estant tot envoltat pel sòl original. Ací es presenta un doble problema, per una part les característiques físico-químiques d'ambdós, que no tenen perquè ésser compatibles i que en el cas de la hidrologia pot tenir importants conseqüències per al moviment de l'aigua⁶¹ i per tant en la relació aire / aigua, vital pel desenvolupament vegetal⁶².



Figura 3.6. Exemple de l'estat de la vegetació en un talussos d'una zona restaurada on es detecta mortaldat de plantes degut a la forta pendent i a la falta de sòl.

⁶⁰ Savé et al., 2001a; Savé, 2009a

⁶¹ Marfà et al., 1998; Pastor et al., 1999, 2003

⁶² Kozlowski, 1984



3.3.1 Disponibilitat de sòl

Així, la baixa disponibilitat de sòl provoca que les arrels de les plantes no es puguin desenvolupar i redueix el seu creixement. A més a més, la manca d'espai unit a condicions d'alta compactació pot provocar la mort per falta d'oxigen a la zona de les arrels.

En treballs experimentals desenvolupats en arbres d'alineament⁶³), s'ha observat com amb una limitació del volum de sòl, junt amb unes característiques hidràuliques més properes a un substrat que a un autèntic sòl, el creixement vegetal es veu reduït en un 20% del màxim potencial i que l'eficiència en l'ús de l'aigua es redueix



paral·lelament en un 25%. Aquesta reducció de creixement és problemàtica per la disminució de la qualitat ornamental i per la dificultat de gestionar l'aigua correctament ja que si no es coneix aquest factor limitant es poden realitzar regs en excés o provocar dèficits hídrics.

Figura 3.7. Imatge de l'assaig sobre efecte de la restricció del volum en *Platanus x hispanica* crecut i el reg gestionat amb sensors tensiomètrics en el sòl.

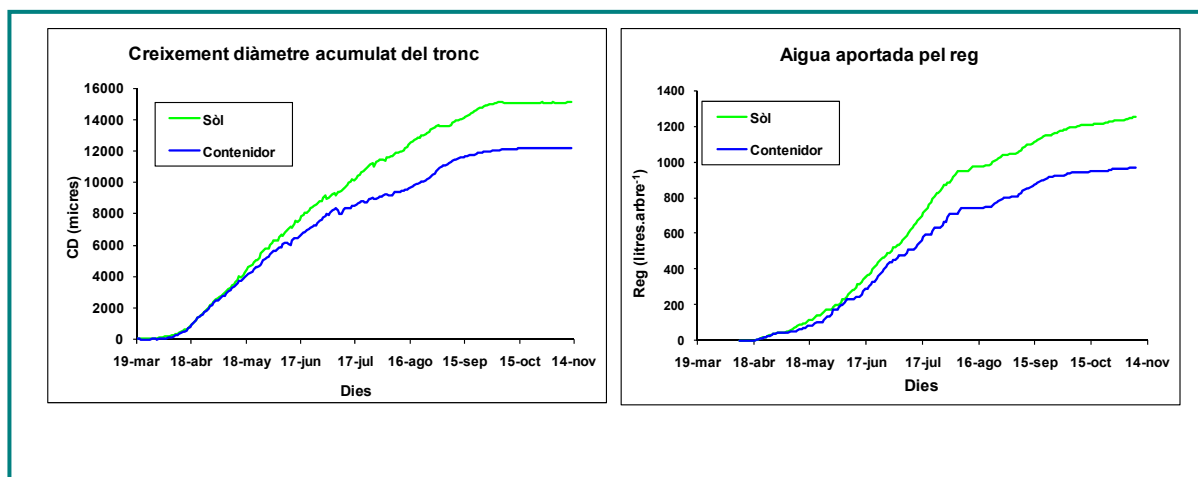


Figura 3.8. Evolució del creixement acumulat del tronc en diàmetre en *Platanus x hispanica* crescut en el sòl i en contenidor (esquerra) i aigua aportada pel reg (dreta) gestionat amb sensors tensiomètrics en el sòl.

⁶³ Biel et al 2007a i b; 2008 a, b i c

3.3.2 Compactació del sòl

Per tal de millorar l'aireació, es recomana l'ús de la tècnica de la generació de rases on s'afegeixen esmenes orgàniques. L'increment de zones edàfiques on la proporció aire/aigua es normalitza per descompactació del sòl o per incorporació de matèria orgànica (compost) i permet un nou creixement radicular i en conseqüència promou un increment proper al 20% en la qualitat (coloració, mida fulles, distància d'entrenusos, taques foliars...) i en la cubicació de les capçades⁶⁴ (Figura 3.9).



Confecció de les rases



Barreja de compost i de terra



*Omplint les rases amb la mescla terra
més compost*



*Estat de la parcel·la uns mesos després de
l'actuació en el sòl*

Figura 9. Diferents imatges sobre l'assaig de creació de rases, barreja de sòl més compost i resultat final d'una plantació de *Platanus x hispanica*.

⁶⁴ Comas–Angelet et al., 2001



Cal tenir en compte que aquestes tècniques milloren la qualitat ornamental majoritàriament, ja que la viabilitat es veurà independentment afectada per l'edat de la vegetació⁶⁵.

3.3.3 Fertilitat mineral i biològica del sòl

Altres aspectes relacionats amb les característiques edàfiques i/o del substrat és la pèrdua de fertilitat mineral i/o biològica.

La primera pot ésser directa, és a dir fruit de sòls/ substrats amb carències i/o contaminacions (salinitat, metalls pesats, pH restrictius per la mobilitat d'elements químics, carències i desequilibris,...) o indirecta, associada a la manca d'aigua⁶⁶).

La pèrdua de fertilitat biològica, és atribuïble a l'absència de fongs micorízics o microfauna del sòl i pot afectar tant la captura de nutrients com d'aigua al dificultar la exploració del sòl per part de les arrels en absència dels organismes simbiotes. La baixa fertilitat biològica pot promoure restriccions en el creixement i en la qualitat ornamental de la vegetació.

⁶⁵ Folch, 2009b

⁶⁶ Marfà et al., 1996; Biel et al., 2006; Calvet et al., 2007; Estaun et al., 1997; Savé et al., 1996b

3.4 Substrats, encoixinats i jardineres

Es considera substrat qualsevol producte que ofereixi una bona relació aire/aigua, que tingui una acceptable conductivitat hidràulica, que ofereixi suport a l'ancoratge de les arrels i en conseqüència de les plantes, que els nivells de nutrició no siguin negatius i que no mostri cap efecte supressiu pel creixement vegetal ⁶⁷.

Els substrats que majoritàriament s'utilitzen en la gestió del verd són correctes, però cal definir nominalment el producte (terres, substrats, compost, torbes) ja que aleshores, aquests tenen que tenir unes característiques avalades per un laboratori de referència (nivell de nutrients, salinitat, conductivitat elèctrica pH, relació aire/aigua; nivell de maduració; procedència; en un futur impacte ambiental "ACV"; conductivitat hidràulica...) i a més, aquestes característiques es tindrien que mantenir per un període de temps, comprés entre un i dos anys.

Per generar i utilitzar encoixinats o "mulch", compost, enceball, en molts municipis es fan servir les restes de poda, després de que no es puguin fer servir els subproductes generats per les gestions del verd i pensant en nous valors estètics i mediambientals, tanmateix, és important cercar nous subproductes que puguin ésser utilitzats en aquestes funcions, millorant sobretot les característiques físiques per permetre reduir la dificultat hidràulica al moviment d'aigua entre el sòl natural o el re-introduït i el substrat del plançó.

Cal considerar aquest punt com una millora, ja que el pes de la solució al problema de sòls dolents i escassos, de ben segur passa per l'estat del material vegetal en el moment del transplantament i en el reg (localitzat en molts casos).

En situacions fisiològicament complicades, motivades per la manca d'aigua (p.e. transport, transplantament, situacions ambientals molt adverses), es poden utilitzar hidroretentors, els qual degut a les seves propietats físico-químiques són una reserva d'aigua en la matriu del sòl /substrat per quant el gradient de potencial hídric entre aquest i la planta sigui lo suficientment negatiu com per permetre que l'aigua s'alliberi de la matriu del substrat. És una solució costosa en temps d'aplicació i cost econòmic del producte, que en molts d'ells mostra una clara histèresi en el procés assecatge /humectació, el qual els fa fiables una o dues vegades.

Per tot això la recomanació és per processos excepcionals i puntuals en exemplars vegetals destacables ⁶⁸.

⁶⁷ Ansorena, 2004; Bures 1994; Marfà 2005; Urrestarazu, 2000

⁶⁸ Savé et al, 1995



3.4.1 Jardineres

El problema més important de les jardineres urbanes és el vandalisme.

Secundàriament cal tractar d'ajustar el tipus de substrat, encoixinat i reg a les necessitats reals de les plantes, donades les molt diverses col·locacions de les mateixes en les ciutats, pobles.

Aquestes tenen problemes estructurals, com el material (metàl·lic, fusta, plàstic, formigó, ...), el color (molt fosc), el volum de substrat (no massa gran) i la relació aire/aigua del mateix fan que en condicions de forta radiació directa, s'incrementi molt la temperatura amb els conseqüents problemes associats a l'increment de respiració metabòlica i el descens de metabolisme per anòxia (donada la baixa solubilitat de l'oxigen en aigua a elevades temperatures).

Tot això dóna lloc a estressos que cal afegir als propis de la jardineria urbana, com la freqüència del reg, l'adobat, el lloc de col·locació de la jardinera i en conseqüència de la planta.

Aquest problema en les jardineres és comú en la producció de plantes en viver i sobretot en els de grans exemplars. La solució ha estat canviar el color dels contenidors i el nivell de reflexió de la radiació directa, la gestió del reg en polsos curts i freqüents per assegurar baixar la temperatura i mantenir el nivell d'oxigen i situar encoixinat en la superfície per reduir la radiació directa i l'evaporació ⁶⁹.

Potser, caldria pensar en el futur en un disseny que s'adapti a les necessitats i no a l'inrevés.

⁶⁹ Biel et al., 2006; Savé et al., 2007

3.5 Vegetació

3.5.1 Funcionalitat del verd

El verd urbà, com ja s'ha dit, aconsegueix moltes funcions, potser masses pel nombre d'individus i condicions en les que creix i es desenvolupa. Sigui com sigui, ha canviat la mentalitat exclusiva vers el seu valor ornamental, per ressaltar-ne d'altres que sempre ha complert, com són els educatius, els higiènics i els mediambientals.

En aquest punt cal respondre a diferents preguntes com per exemple perquè volem posar plantes en determinats llocs. Cal matisar, fins la més absoluta realitat, la idea medi ambientalista de que la vegetació urbana fa funcions d'embornal de carboni, de font de oxigen, de captador de partícules i contaminants,..., cal posar-la en la seva autèntica magnitud.⁷⁰

Així, absorbir CO₂ no equival a fixar-lo. Una planta típicament mediterrània, amb una eficiència en l'ús del agua que li permet fixar 1 gram de carboni per cada 300 grams d'aigua transpirada, que rebi una precipitació anual de 600 mm i que és capaç de captar amb les seves arrels fins el 85 % d'aquesta precipitació, pot arribar a assolir una producció bruta de 17 tones de carboni per hectàrea anualment, a condició, això sí, que altres factors com la manca de fòsfor o de nitrogen al sòl o les baixes temperatures no la limitin. No està pas gens malament, 17 tm·ha⁻¹·any⁻¹ de carboni equivalen a 34 tm·ha⁻¹·any⁻¹ de matèria orgànica i gairebé 62 tm·ha⁻¹·any⁻¹ de CO₂ que són absorbits anualment per una hectàrea de vegetació vivint en les condicions que hem descrit. Però malauradament, absorbir CO₂ no equival a fixar-lo permanentment com alguna vegada s'interpreta erròniament.

Una part molt considerable d'aquest CO₂ absorbit és retornat a l'atmosfera en els processos de respiració, tant de la mateixa planta com dels microorganismes dels que es nodreixen de les aportacions de la planta en forma de lixiviats o matèria morta. Per tant, la pregunta pertinent és quina és la quantitat retornada? i, en tot cas, quina és l'absorció neta d'una hectàrea de bosc o de conreu o de jardí? ⁷¹

En total, l'efecte que fan els parcs i jardins en aquest aspecte és petit, ja que en el cas de Barcelona representa aproximadament un 9% del carboni produït per la població ⁷².

Per altra banda, es pot deduir que l'aportació d'oxigen per part de la vegetació urbana està als voltants del 7%.⁷³

⁷⁰ Parés et al., 1985; Ferrer et al., 1986

⁷¹ En aquest sentit us referim al treball de Chamorro i Terradas (2009) respecte dels Serveis Ecològics del Verd Urbà de Barcelona i al segon Informe sobre el canvi Climàtic en Catalunya (Gràcia et al., 2010).

⁷² Pares, 1985



Altra aportació de l'arbrat urbà està relacionat amb la captura de partícules, que pot arribar al cap de l'any fins a 200 kg/arbre (contaminants, pols, pol·len,...)⁷³, i la captura d'aerosols, que en una ciutat costanera com Barcelona, tindrà també molta importància, més quan aquests poden complementar-se i generar efectes sinèrgics amb altres contaminants atmosfèrics, com és el cas de l'ozó ⁷⁴.

Dins dels atributs que té la vegetació, hi ha la d'ésser un membre més d'una intrincada xarxa de biodiversitat ⁷⁵ i per tant mante una estreta relació amb altres components vegetals i/o animals de l'hàbitat on viuen.

Aquests atributs del verd urbà fan que una potencial funcionalitat sigui la d'ajudar en la lluita integrada, la qual pot definir-se com l'estratègia de control capaç de mantenir espècies nocives sota el llindar de la tolerància, explotant, en primer lloc, els factors naturals de mortalitat i utilitzant posteriorment mètodes integrats de lluita (biològics, físics, químics, etc.) compatibles amb el medi ambient i la salut pública⁷⁶.

És important tenir en compte la resistència als atacs de plagues i malures a l'hora de seleccionar les espècies, procurant potenciar l'aspecte natural del verd, és a dir, seleccionar espècies que requereixen escasses actuacions de poda i retall i fins i tot cultivars resistent a plagues i malures específiques de les espècies. Així l'aprofitament de les característiques morfològiques ⁷⁷ o fisiològiques ⁷⁸ poden condicionar molt les poblacions de patògens i/o els seus depredadors, pel que la selecció i gestió de les espècies dels jardins pot ésser clau per un perfecte desenvolupament de la lluita integrada en els nostres parcs.

El verd urbà també dona serveis anti-soroll, canvia les característiques ombrotèrmiques⁷⁹ però sobretot té una finalitat estètica.

Incidint en els aspectes ornamentals es pot citar que hi ha una gran diversitat de formes, colors.....inclús en les barreges, el que dificulta la gestió.

⁷³ D'acord amb els treballs de Pares (1985) i Ferrer (1986)

⁷⁴ Marfà et al., 1992; Bussotti et al., 1995; Savé i Biel 1996; Marull 1997; Diamantopoulos et al., 2001; Savé et al. 2001b, Savé 2009b

⁷⁵ Zonneveld, 1989

⁷⁶ Gabarra, 2003

⁷⁷ Savé et al., 2008

⁷⁸ Castañé i Savé, 1993

⁷⁹ Chamorro i Terradas ,2009

3.5.2 Selecció d'espècies segons diferents criteris

Per a la selecció d'espècies es poden seguir diferents criteris:

- **Funcionalitat** que li volem donar: barreres verdes, evitar erosió, pantalles antisoroll, aïllament (cobertes i murs verds), conservació biodiversitat, fitoremediació, etc.
- **Valor estètic**: integració paisatgística amb l'entorn, oci verd i turisme, potencial terapèutic del paisatge.
- **Ecofisiologia**: adequació al medi segons el clima, altitud, sòl, pendent, orientació, ombra/ple sol, contaminació en el sòl, relació aigua/aire. Adaptades a l'estrès hídric o salí, espècies que creixen bé amb altres espècies o són agressives i inhibeixen el desenvolupament d'altres.
Segons la fenologia, la morfologia de les fulles i la planta.
Segons el desenvolupament del sistema radical.

Un cop decidida la funcionalitat que es vol donar a la vegetació que volem instal·lar en una zona verda i després de recopilar la informació sobre la quantitat i qualitat d'aigua disponible i el tipus de sòl o substrat que disposem a la zona a enjardinar s'ha de seleccionar el tipus d'espècie a plantar.

La selecció d'espècies ha de tenir en compte tots els criteris anteriors d'una manera integradora ja que l'objectiu final d'una zona verda de caràcter públic és obtenir una coberta verda amb una certa qualitat ornamental, amb baixos costos energètics, d'aigua i amb el mínim de manteniment.

Cal considerar que la planta de temporada és molt exigent en general en aigua i caldria aprofundir en la utilització d'espècies autòctones, mediterrànies i fins i tot al·lòctones ben adaptades i no invasores. Cada cop es disposa de més informació, bibliogràfica i real d'espècies i viviers que treballen en aquesta línia, basada en criteris de sostenibilitat per el verd urbà.

Un punt important són les gespes, no per la superfície que ocupen, sinó per la percepció negativa per part d'alguns ciutadans, al associar-les amb paisatges i costums foranes i al valorar-les com a grans consumidores d'aigua.

En aquest punt, a part del aspectes ornamentals i lúdics, cal tractar de fer valoracions agronòmiques amb base ecofisiològica, objectives, així es podran aprofitar les magnífiques característiques fisiològiques d'espècies i varietats termòfiles (C4) adaptades a condicions de sequera i salinitat.

Cal també considerar, que la utilització se de sistemes de reg més eficients (p.e. degotadors enterrats o regs localitzats), l'aplicació de tècniques de reg mínim (amb reduccions properes al 40% de la ETP₀) junt amb un maneig agronòmic adequat



(p.e. dalls, tractaments, etc.) es pot obtenir cobertes de gespa de qualitat ornamental amb baixes despeses d'aigua i energia ⁸⁰.

El verd urbà és un conjunt artificial d'éssers vius conreats a la nostra manera, no de comunitats vives autoregulables.

Tanmateix, en aquests grups, a l'igual que en els de comunitats naturals, passa el temps, que te efectes negatius directes (vellesa i mort) i indirectes (creixement desproporcionat en carrers estrets, arrels per sobre del terra,...) i que per tant la seva gestió és sempre humanitzada i contempla la substitució, sigui l'exemplar que sigui.

⁸⁰ Biel et al., 2007; Llobet et al., 2006

3.6 Conclusions

La **reducció en les aportacions d'aigua i nutrients és i serà imprescindible en el manteniment i gestió d'espais verds urbans i periurbans**, tenint en compte, per una part, la gran pressió social per estalviar aigua i per altra la necessitat de protegir i no contaminar els aquífers amb l'excés d'adobs i fitosanitaris.

Alhora, es preveu que **l'ús d'aigües de baixa qualitat s'anirà establint** com a alternativa. Però, tant la reducció d'aportacions com l'ús d'aigua de baixa qualitat, implica treballar amb uns marges de seguretat més estrets pel que fa al confort de les plantes i una petita desviació pot situar-les en condicions d'estrès i afectar negativament la seva qualitat ornamental.

La reducció d'aportacions d'aigua i/o l'ús d'aigua de baixa qualitat **requereixen un càlcul acurat de les necessitats reals d'aigua** del jardí mensual o setmanalment.

Això obliga a una major inversió en el sistema de distribució de l'aigua, en sistemes de control que s'estigui aportant la quantitat adequada i detectar problemes el més ràpid possible.

El mètode de càlcul de Costello s'ha mostrat com un bona eina per tal de fer aproximacions als consums dels parcs i jardins.

Els **tipus de jardí però sobretot els tipus de vegetació condicionen molt l'aport d'aigua** en els jardins.

En les gespes, en molts casos, hi ha una gran aportació d'aigua, per sobre d'allò recomanat teòricament. **És necessari reduir el consum d'aigua**, adaptant-lo a les necessitats reals i en una segona part replantejar el tipus de jardí amb espècies més tolerants a la manca d'aigua per tal d'aconseguir un estalvi d'aigua. Tanmateix dins d'un context de sostenibilitat cal que es preguin en consideració totes les despeses energètiques i totes les possibles fonts de contaminació. Si es fes aquest balanç possiblement les gespes podrien ser positivament tingudes en compte pels jardins.

La introducció dels criteris de sostenibilitat ha permès la incorporació a la jardineria urbana d'un bon nombre d'espècies autòctones i al·lòctones amb baixos requeriments d'aigua, adobs i fitosanitaris.

S'ha de potenciar la sectorització dels jardins per hidrozones similars per a estalviar aigua, que és un dels principis bàsics de la xerojardineria.

Per a l'arbrat d'alineament, cal tenir en compte un maneig molt acurat durant els primers anys després de la plantació, ja que amb les normes constructives actuals, **la reserva d'aigua en el sòl és molt baixa** (escocells petits). És important pensar



en el sòl com a magatzem d'aigua, per tant, caldria adequar normes constructives i d'enjardinament per a aquests casos.

És important definir què es vol del verd urbà, si el seu valor ornamental, arquitectònic o ambiental. En parcs nous possiblement es pugui assolir aquesta multifuncionalitat, però els actuals i els històrics estan dissenyats amb altres criteris i tractar de donar-los valors ambientals seria més que discutible.

Sembla que s'està apostant per la **multifuncionalitat del verd**, donant-li, des de la perspectiva humana, un valor, el de comunitat natural, que no té ja que no va estar concebut ni mantingut amb aquesta finalitat. Així, hem d'acceptar l'envelliment, la malaltia i la mort de les diferents taques de verd en un mateix moment. D'igual manera, els efectes de la sequera, la contaminació, el vent o qualsevol altre estrès ambiental, tenen unes conseqüències més generals i generoses, donades la monoespecificitat i la igualtat d'edats de les plantacions.

Cal incrementar la recerca sobre temes bàsics per la gestió agronòmica del verd ornamental, com és l'ecofisiologia, l'agronomia de precisió, la lluita integrada...que ha de permetre el disseny i gestió d'espais verds més sostenibles i agradables a les necessitats de la població.

Amb els resultats d'aquesta recerca i la informació sobre els coneixements tant tecnològics com bàsics, es podrà començar a aplicar i transferir als gestors implicats directament amb l'adequada capacitació, però també, molt important amb l'aplicació i optimització de recursos econòmics en les fases de disseny, d'implantació i de manteniment del verd.

3.7 Per saber-ne més: Bibliografia

- ACA, 2009. Actes IV Jornades Tècniques de Gestió de Sistemes de Sanejament d'Aigües Residuals: Energia i Sanejament. Barcelona.
- Ajuntament de Barcelona. 2008. Manual de Reg de Parcs i Jardins. I.M. de Parcs i Jardins.
- Ajuntament de Barcelona. 2009. Pla Tècnic per l'aprofitament dels Recursos Hídrics alternatius a Barcelona. Àrea de Medi Ambient.
- Anglès, J. 2009. Demanda de agua virtual para la producción de alimentos en Catalunya, Déficit actual y perspectivas de futuro. Proc. 3^{er} Congreso Agricultura, Alimentación y Medio ambiente: Gestión del H₂O, usos y eficiencia. UPC (Castelldefels, Barcelona).
- Ansorena, J. 1994. Substratos. Edit. Mundi Prensa.
- Antón, A., Rieradevall, J. (Ed) 2004. I Seminari ACV y Agricultura. Xarxa catalana d'Anàlisi de Cicle de Vida e IRTA. Cabriels 106 pp (ISBN 84-609-0363-x).
- Araújo-Alves, J.P., Torres-Pereira, J.M.G., Biel, C., de Herralde, F., Savé, R. 1999. Effects of minimum irrigation technique on ornamental parameters of two Mediterranean species used in xerigardening and landscaping. Acta Horticulturae. 541: 1-10.
- Astorga, T., López, D., Carazo, N., Savé, R. 1993. Efecto del viento marino en la vegetación urbana del nuevo litoral barcelonés. Proc. II Congreso Iberico SECH. Zaragoza.
- Biel, C., De Herralde, F., Evans, R.Y., Pera, J., Parlade, X., Savé, R. 2002. Caracterización hídrica e hidráulica de *Cistus albidus* y *Quercus coccifera* micorrizados en vivero. Proc. VI Symp. Hispano Luso de Relaciones Hidricas. SEFV. Pamplona.
- Biel, C., Estaun, V., De Herralde, F., Save, R. 2006. Effect of soil temperature on water flow resistance and respiration rate of VAM roots of *Rosmarinus officinalis*. Proc. Roots, mycorrhizas and their external mycelia in carbon dynamics in forest soil. COST Action E38 "Woody roots processes". Finland.
- Biel, C., Savé, R., Verdaguer, D., Peñuelas, J.L. 2006. Nuevas tecnologías de producción de plantas de vivero. En J. Cortina, J.L. Peñuelas, J. Puertolas, R. Savé & A. Villagrosa. 2006. pp: 141-160. Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos. Editores. Serie Forestal. Ministerio de Medio Ambiente. ISBN-13:978-84-8014-670-8. Madrid
- Biel, C., Savé, R., Casadesus, J., Aranda, X., de Herralde, F., Llobet, M. 2007a. Utilización de sensores para la gestión del riego en zonas verdes. Riegos y Drenajes XXI. 23:44-49.
- Biel, C., Savé, R., Grau, B., Aranda, X. De Herralde, F., Casadesus, J. 2007b. Scheduling irrigation based on soil and plant sensors in *Platanus hispanica* submitted to root restriction. European Congress of Arboriculture. Turin (Italy).
- Biel, C., Savé, R., Grau, B., Aranda, X., de Herralde, F., Casadesus, J. 2008a. Scheduling irrigation in *Platanus hispanica* based on soil and plant sensors



submitted to root restriction. Proc. European Congress of Arboriculture. Arboriculture for the third millenium. Torino (Italy). June 16 – 18.

- Biel, C., Savé, R., Aranda, X., de Herralde, F., Casadesus, J. 2008b. Root development of *Platanus hispanica* trees is affected by soil volume and water availability?. Proc. Woody Roots and Ecosystem Services" CostE38 Workshop. Lisboa (Portugal). May.
- Biel, C., Savé, R., Grau, B., Aranda, X., de Herralde, F., Casadesús, J. 2008c. ¿Se puede evitar el posible efecto negativo de la restricción de volumen de suelo a través de la gestión adecuada del riego en arboricultura ornamental?". Proc.IX Simposium Hispano Portugués de Relaciones Hídricas en las Plantas. Lloret de Mar (Gerona). October 15 -17.
- Burés, S. 1993. Xerojardinería. Compendio de Horticultura nº 5. Ed. Horticultura, S.L.
- Burés, S. 1994. Substratos. Ediciones Agro técnicas SL.
- Bussotti, F., Grossoni, P., Pantani, F. 1995. The role of marine salt and surfactants in the decline of Tyrrhenian coastal vegetation in Italy. Ann. Sci. For. 52: 251-261.
- Calvet, C., Camprubí, A., Estaún, V., Luque, J., De Herralde, F., Biel, C., Savé, R., Garcia-Figueres, F.. 2007. Aplicación de la simbiosis micorriza arbuscular al cultivo de la vid. Viticultura y Enología Profesional 110: 23-32.
- Casadesus, J., Biel, C., Savé, R. 2005. Turf colour measurement with conventional digital cameras. EFITA/WCCA2005. The 5th Conference of the European Federation for Information Technology in Agriculture, Food and Environment and the 3rd World Congress on Computers in Agriculture and Natural Resources. Vila Real, Portugal
- Castañe, C., Savé, R. 1993. Leaf osmotic potential decrease: a possible cause of mortality of greenhouse whitefly eggs. Entomol. Exp. Appl. 69:1-4.
- Castel J.R., Bautista I., Ramos C., Cruz G., 1987. Evapotranspiration and irrigation efficiency of mature orange orchards in Valencia (Spain). Irrigation and Drainage Systems 3:205-217
- Chaparro, L., Terradas, J. 2008. Tipologies de les zones verdes de Barcelona. Informe Ajt. De Barcelona.
- Chaparro, L., Terradas, J. 2009. Serveis Ecològics del Verd Urbà de Barcelona. Informe Ajt. de Barcelona.
- Cohen, M., 1994. Optimización de la producción mediante indicadores del estado hídrico de las plantas. Phytoma, 57: 50-60.
- Comas-Angelet, J., Biel, C., Savé, R., Cañameras, N. 2001. Efecte de la incorporació de matèria orgànica i l'esponjament del sòl sobre el creixement de plàtans ornamentals. Inf. UPC- MMAMBCN-IRTA.
- Costello, L.R., Matheny, N.P., Clark, J.R. 1992. Estimating water requirements of landscape plantings: The landscape coefficient method. Univ. California leaflet 21493. Univ. California. Div. Agric. and Natural Resources.

- Christensen, J.H., Christensen, O.B., 2007. A summary of the PRUDENCE model projections of changes in European climate by the end of this century. *Climatic Change*, 81: 7-30.
- DAAR, Direcció General de Planificació i Relacions Agràries. 2007. Superfícies, rendiments i produccions els conreus agrícoles. Any 2007. Inf. Tècnic GENCAT. Catalunya (Espanya).
- De Herralde, F., Biel, C., Savé, R., Morales, M. A., Torrecillas, A., Alarcón, J. J., Sánchez-Blanco, M. J. 1998. Effect of water and salt stress on the growth, gas exchange and water relations in *Argyranthemum coronopifolium* plants. *Plant Science* 139: 9-17.
- Diamantopoulos, J., Biel, C., Savé R., 2001. Meccanismi di resistenza/sensibilità nei confronti dell'aerosol marino inquinato nella vegetazione costiera della zona di Barcellona. *Linia Ecologica* 1 (XXXIII): 55-61.
- Di Castri, F., Mooney, H.A., 1973. Mediterranean type ecosystems. Origin and structure. Springer Verlag., New York.
- Domene, E. 2002. Estudi del consum hídric de les zones ajardinades privades vinculades a l'expansió del model d'habitatge de baixa densitat a la Regió Metropolitana de Barcelona. Dpt. de Geografia. UAB
- Doorenbos, J. y Pruitt, W.O. 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. FAO. Serie Riego y Drenaje. Tomo 24.
- Estaun, V., Savé, R., Biel, C. 1997. AM inoculation as a biological tool to improve plant revegetation of disturbed soil with *Rosmarinus officinalis* L under semi-arid conditions. *Applied Soil Ecology* 6: 223-229.
- Fereres, E., 1987. Responses to water deficits in relation to breeding for drought resistance. In: *Improving Winter Cereals for Moisture Limiting Environments*. (Srivastava, J.P., Porceddu, E., Acevedo, E., Varma, S. Ed.). pp: 263-275. John Wiley, New York.
- Ferrer, J., Gascón, E., Rabella, R., Savé, R. 1986. El Medi Natural al Prat. I Tècniques bàsiques de treball. La zona urbana. Ajuntament del Prat de Llobregat.
- Folch, R. 2009a. Els balanços de CO₂. *El Periodico de Catalunya*, pp8 del 2 de novembre.
- Folch, R. 2009b. L'arbrat en entredit. *El Periodico de Catalunya*, pp5 del 19 de juny.
- Gabarra, R. et al. 2005. Integrated pest management in the Mediterranean region: The case of Catalonia, Spain *Integrated Pest Management in the Global Arena*: 341-355.
- Galán, A. I. y Hernández, C.G. 1999. Metodología para la decisión de riego con agua residual en el medio rural. Public. Colegio Oficial de Ingenieros Agronomos de Centro y Canarias. ISBN 84-85441-50-8. Madrid.
- Garcia, A., Hernandez, F., Nolasco, P., Santiago, J. 2008. Manual de reg de pacs i jardins. Edit. Parcs i Jardins de Barcelona, I.M.
- García-Navarro, M.C., Evans, R.Y., Savé, R. 2004. Estimation of relative water use among ornamental landscape species. *Scientia Horticulturae* 99:163-174.



- Ginestar, C., Castel, J.R., 1996. Utilización de dendrómetros como indicador de estrés hídrico en mandarinos jóvenes regados por goteo. Riegos y Drenajes XXI, Nº 89, 40-46
- Goldhamer, D.A., Fereres, E., 2001. Irrigation scheduling protocols using continuously recorded trunk diameter measurements. Irrigation Science, 20: 115-125.
- Goldhamer, D.A., Fereres, E., Mata, M., Girona, J., Cohen, M., 1999. Sensitivity of continuous and discrete plant and soil water status monitoring in peach trees subjected to deficit irrigation. Journal of American Horticultural Science, 124(4): 437-444
- Gracia, C., Sabaté, S., Vayreda, J., Sebastià, T., Savé, R., Alonso, M., Vidal, M., 2010. "Embornals". En: 2n Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya, J.E. Llebot (ed) , IEC, Barcelona (en prensa).
- IPCC. 2004, 2007. Climate Change. Cambridge University Press.
- Kozlowski, T.T. 1984. Flooding and plant growth. Academic Press. Orlando.
- Llamas, M.R., Fornés, J.M., Hernández-Mora, N. y Martínez, Cortina, L. 2001. Aguas subterráneas: retos y oportunidades. Fundación Marcelino Botín y Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Llebot, J.E. (ed), 2010. 2n Informe sobre el Canvi Climàtic a Catalunya, J.E., IEC, Barcelona.
- Llobet, M., Biel, C., Casadesús, J. y Savé, R. 2006. Herramientas de evaluación del estado hídrico y calidad ornamental de distintas especies de césped en clima mediterráneo. Ponencia en el VIII Simposium Hispano Portugués de Relaciones Hídricas en Plantas (SEFV). Puerto de la Cruz (Tenerife).
- Marfà, O. 1995. Física de sustratos. Horticultura 103: 33-35.
- Marfà, O., Cáceres, R. 2005. Cultivo de ornamentales en sustratos. Accionamiento del riego en cultivos de exterior en contenedor. Proc. Seminario Internacional sobre preparación y manejo de sustratos en plantas ornamentales y florales Buenos Aires (Argentina).
- Marfà, O., Cohen, M., Savé, R. 1996. Estrategias para mejorar la fertirrigación. Horticultura 112: 13-16.
- Marfà, O., Masvidal, Ll., Savé, R. 1992. Efecte dels vents marins en la vegetació de la nova façana litoral de Barcelona. Memoria final del contracte VOSA-IRTA.
- Marfà, O., Savé, R., Biel, C., Cohen, M., Lladó, R. 1998. Substrate hydraulic conductivity as a parameter for irrigation of carnation soilless culture. Acta Horticulturae 458: 65-73.
- Marull, J., Savé, R., Bayona, J.M^a. 1997. Efectos de la contaminación química sobre la vegetación del frente litoral de Barcelona. Nov.-Dic.: 1-9.
- Mas, J. 2005. Estat ambiental de les aigües continentals en Catalunya. Capítol 1 del llibre "L'estat del medi ambient en Catalunya"; col·lecció documents Universitat Autònoma de Barcelona.

- McNeely, J. 1995. Protected areas and biodiversity in urban environments. II Simposium sobre espais naturals en àrees metropolitanes i periurbanes. Barcelona.
- Moriana, A., Fereres, E., 2002. Plant indicators for scheduling irrigation of young olive trees. *Irrigation Science*, 21: 83–90.
- Mujeriego, R. 1990. Riego con agua residual municipal regenerada. Manual práctico. Ed. De la Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona.
- NTJ 17R. 2011. Utilització d'aigües regenerades i d'altres recursos hídrics no potables per al reg en jardineria. Col·legi Enginyers Tècnics Agrícoles de Catalunya
- Oron, G., DeMalach, Y., Hoffman, Z. and Manor, Y., 1992, Effect of effluent quality and application method on agricultural productivity and environmental control, *Water Science Technology*, 26, 1593-1602.
- Pais, El. 2009. Eixample, Gràcia y sant andreu son los distritos con menos zona verde de Barcelona. PP 1 i 4 del 24 de octubre.
- Pan, Y., R. A. Birdsey, et al. (2011). "A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests." *Science* DOI: 10.1126/science.1201609
- Pares, M. 2003. La jardineria pública en la Regió Metropolitana de Barcelona: conseqüències del model territorial d'una societat postmoderna. Treball de Recerca de Doctorat en Ciències Ambientals. UAB.
- Parés, M., Pou, G., Terrades, J. 1985. Descubrir el Medi Urbà. 2. Ecología d'una ciutat: Barcelona. Ajuntament de Barcelona.
- Passioura, J.B. 1982. Water in the soil-plant-atmosphere continuum. pp. 5-33. En: O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond y H. Ziegler (eds.). *Physiological Plant Ecology II, Water relations and carbon assimilation*. Encyclopedia of Plant Physiology, New series vol. 12B. Springer-Verlag, Berlin.
- Pastor, J.N., Burés, S., Savé, R., Marfà, O., Pages, J.M. 1999. Transplant adaptation in landscape ornamental shrubs in relation with substrate physical properties and container sizes. *Acta Hort.* 481:137-144.
- Pastor, N. Marfà, O., Savé, R. 2003. Influencia del substrato y del tamaño del contenedor en el trasplante al terreno definitivo de plantas ornamentales cultivadas en contenedor. *Actas de Horticultura*. 39: 527-528
- Pelegri, J. 1997. Aprovechamiento de aguas freáticas para el riego. La experiencia de Barcelona. Proc. 3^{er} Simposium Hispano Portugués de Relaciones Hídricas en las Plantas. Sitges (Barcelona).
- Piñol, J., Terradas, J., Lloret F.. 1998. Climate warming, wildfire hazard, and wildfire occurrence in coastal eastern Spain. *Climatic Change* 38: 345–357.
- Ramírez de Cartagena, F.; Puig-Bargués, J. 2006. The use of reclaimed water for irrigation: present and prospect. International Water Conference IWC 2006. Porto.
- Remorini, D., Massai, R., 2003. Comparison of water status indicators for young peach trees. *Irrigation Science* 22, 39-46.



- Rosenzweig, C., Tubiello, F. N., 1997. Impacts of global climate change on Mediterranean agriculture: current methodologies and future directions. An introductory essay. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 1 (3), pp. 219-232.
- Sachs, R.M. 1991. Stress-adapted landscapes save water, escape injury in drought. *California agricult.* 45(6):19-21.
- Sachs, R.M., Evans, R.Y., Shaw, D.A. 1992. Reduced water consumption by acclimatized landscapes. *J. Arboriculture* 22(2): 128-133.
- Sachs, R.M., Kretchun, T., Mock, T. 1975. Minimum irrigation requirements for landscape plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 20(3): 11-14.
- Sachs, R.M., Shaw, D.A. 1992. Minimum irrigation requires acclimatized (hardened) plants. *J. Arboriculture* 21 (1): 126-131.
- Sachs, R.M., Shaw, D.A. 1993. Avoidance of drought injury and minimum irrigation in a mediterranean climate: the requirement for acclimatized (hardened) plants. *Journal of Arboriculture*, 19(2): 99-105.
- Salgot, M. 2002. El risc relacionat amb la reutilització d'aigües residuals.. *Real Acadèmia de Farmàcia de Catalunya*.
- Sánchez-Blanco, M.J., Torrecillas, A. 1995. Aspectos relacionados con la utilización de estrategias de riego deficitario controlado en cultivos leñosos. En: *Riego Deficitario Controlado Colección Cuadernos VALUE I. Mundi Prensa/Unión Europea*, 43-66.
- Savé, R. 2009a. Potential effects of global change to urban vegetation: vulnerability and adaptations. *Proc. 2th International Conference on landscape and urban horticulture*. In Topic: 5. Ecophysiology and vegetation management in urban environment Bologna (Italy), June.
- Savé, R. 2009b. What is stress and how to deal with ornamental plants? *Acta Horticulturae*. 813 :241 – 254.
- Savé, R. et al. 2009. Could be the root system of cultured plants an important carbon sink under global change conditions?. *Proc. 8th International carbon dioxide conference*. Jena. Germany.
- Savé, R., Biel, C. 1996. Estudi dels efectes dels aerosols marins en la vegetació. Segon informe del conveni Barcelona Regional-IRTA.
- Savé, R., Biel, C., Cañameras, N., Comas, J., Morato, J., Montserrat, C., Farrero, A. 2001a. El parc de Bellvitge un exemple d'ús d'aigües del freatic pel reg de parcs públics. *Congres Internacional Ecologia i Ciutat*. Barcelona. 26-30/març/2001.
- Savé, R., Biel, C., Casadesús, J. 2004. Optimització de l'eficiència de l'ús de l'aigua dels jardins mitjançant el control del consum hídric sòl-planta-atmosfera. 10è Congrés de l'Associació de Profesionals dels espais verds de Catalunya. Peralada (Girona). 12 de Novembre
- Savé, R., Biel, C., Herralde, F., Bayona, J.M., Casino, S., Farrero, A., Diamantopoulos, P. 2001b. Effects of polluted marine spray on some morphological and physiological characteristics of coastal vegetation in

Mediterranean areas of Iberian Peninsula. Congres Internacional Ecologia i Ciutat. Barcelona. 26-30/març/2001.

- Savé, R., Comas, J., Garcia, P., Labarta, L., Alomar, O., Gabarra, R., Arnó, J., Biel, C. 2008. Interrelationship between insects and leaves of some ruderal plants. Proc. Biotic Plant Interaction Conference. 27.-29. March 2008 in Brisbane, Australia
- Savé, R., de Herralde, F., Cabot, P., Biel, C. 1996a. Revegetación, una propuesta entre la jardineria y la restauración. Arquitectura y paisaje 22: 18-19.
- Savé, R., de Herralde, F., Perales, I., Biel, C. 1997. La revegetación en base a criterios ecofisiológicos. Proc. 3er Simposium Hispano-Portugués de Relaciones Hidricas en las Plantas. Sitges (Barcelona).
- Savé, R., Espelta, J.M^a, Retana, J., Meghelli, N., De Herralde, F., Biel, C. 2007. Optimización de las técnicas de producción viverística para obtención de plantas para espacios verdes. PLANTAFLORES 116: 98-102.
- Savé, R., Estaun, V., Biel, C. 1996b. Water relations and fungal activity of arbuscular mycorrhizal *Rosmarinus officinalis* L. plants submitted to a cycle of drying/rewatering. In Proc. COST action 821 "Micorrizas in integrated systems from genes to plant development ". Report EUR16728EN. Luxembourg. ISBN 92-827-5676-9.
- Savé, R., Peñuelas, J., Marfà, O., Serrano, L. 1993. Changes in tissue osmotic and elastic properties and canopy structure of strawberries under mild water stress. HortScience 28(9): 925-927.
- Savé, R., Pery, M., Marfà, O., Serrano, L. 1995. The effect of hydrophilic polymer on plant water status and survival of transplanted pine seedlings. HortTechnology 5(2):141-143.
- Sheffield, J., Wood, E.F., 2008. Projected changes in drought occurrence under future global warming from multi – model, multiscenario, IPCC AR4 simulations. Clim. Dyn. 31:79 – 105.
- Solley, W. B.; Peirce, R.R.; Perlman, H.A. 1993. Estimated use of water in the United States in 1990. U.S. Geological Survey Circular 1081.
- Sumner, G. N., Romero, R., Homar, V., Ramis, C., Alonso, S., Zorita, E., 2003. An estimate of the effects of climate change on the rainfall of Mediterranean Spain by the late twenty first century Climate Dynamics, 20: 789–805
- Sumpsi, J.M., Garrido, A., Blanco, M., Varela, C., Iglesias, E. 1998. Economía y política de gestión del agua en agricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Terradas, J. 1987. Barcelona funciona. Ecologia d'una ciutat. Ajuntament de Barcelona.
- Terradas, J., Savé, R. 1992. Summer-winter double stress and water relationships as clue factors in the distribution of *Quercus ilex* L. Vegetatio 99-100:137-145.
- Terradas, J. 2010. Ecologia viscuda. Publicacions de l'Universitat de Valencia. Valencia
- Tubiello, F.N., Amthor, J.S., Boote, K.J., Donatelli, M., Easterling, W., Fischer, G., Gifford, R.M., Howden, M., Reilly, J., Rosenzweig, C., 2007. Crop response to



elevated CO₂ and world food supply: A comment on "Food for Thought..." by Long et al., Science 312:1918-1921, 2006. European Journal of Agronomy 26, 215-223.

- Urrestarazu, M. 2000. Manual del cultivo sin suelo. Edit. Mundi Prens.
- Valentini, R., Matteucci, G., Dolman, A.J. 2000. Respiration as the main determinant of carbon balance in European forest. Nature 404: 861-865.
- Zonneveld, I.S. 1989. The land unit –a fundamental concept in landscape ecology and its applications. Landscape Ecology 3: 67.

Amb la col·laboració de



Una millor gestió de la demanda de recursos hídrics –que inclou un ús més sostenible de l'aigua en l'espai públic municipal, així com l'aprofitament de recursos hídrics alternatius per part dels municipis– és fonamental per afrontar els reptes que, en l'àmbit del cicle de l'aigua, es plantegen en termes de millora de la gestió i del finançament dels serveis públics ambientals, a curt termini, i d'adaptació al canvi, a mig i llarg termini.

Aquest document s'ha elaborat en el marc del suport de la Diputació de Barcelona al món local i en conveni amb la Fundació AGBAR, i ha comptat amb l'aportació del treball de la membres de la Xarxa de Ciutats i Pobles cap a la Sostenibilitat.

El document fa un recull de les millores tècniques disponibles i de diversos exemples d'experiències locals d'aplicació sobre la reutilització de recursos hídrics no potables, sobre la millora de l'eficiència de les xarxes d'abastament urbà i en la millora de la gestió de l'aigua als espais públics enjardinats.



**Diputació
Barcelona**

Secretaria tècnica

Diputació de Barcelona. Àrea de Territori i Sostenibilitat
Recinte de l'Escola Industrial. Edifici del Rellotge, 2a planta.
Comte d'Urgell 187 - 08036 Barcelona
Tel.: 934 022 222. Fax: 934 022 493.
xarxasost@diba.cat. www.diba.cat/xarxasost