

Resum

Com material de suport de la memòria del projecte, a continuació s'inclouen sis annexes que completen la informació present a la memòria.

A l'annex A s'expliquen consideracions generals sobre aqüífers i pous.

A l'annex B es presenta un resum de la informació dels estudis publicats al *Butlletí anual d'indicadors climàtics. Any 2007 [12]*, publicat pel Servei Meteorològic de Catalunya.

A l'annex C sobre requeriments de qualitat, apareixen taules amb els criteris i paràmetres de qualitat de diversos organismes. A més, es presenta informació sobre la dosi de radiació ultraviolada necessària per a la inactivació de microorganismes.

A l'annex D es recullen els càlculs hidràulics realitzats per dimensionar el sistema.

A l'annex E es donen les característiques dels equips i elements seleccionats per al present projecte.

A l'annex F s'adjunta la consulta realitzada a l'Agència Catalana de l'Aigua per a la consideració del preu final de l'aigua en aprofitaments d'aigua subterrània per a reg d'un parc municipal.





Sumari

| | |
|--|-----------|
| RESUM | 1 |
| SUMARI | 3 |
| A. CONSIDERACIONS GENERALS SOBRE AQÜÍFERS I POUS | 5 |
| A.1 Emmagatzematge d'aigües subterrànies..... | 5 |
| A.2 Consideracions sobre pous | 9 |
| B. RESUM DE L'ESTUDI CLIMÀTIC A BARCELONA. ANY 2007 | 13 |
| C. REQUERIMENTS DE QUALITAT DE L'AIGUA | 17 |
| D. CÀLCULS HIDRÀULICS | 21 |
| D.1 Presentació del model de càlcul..... | 21 |
| D.2 Descripció i dades del sistema d'estudi | 24 |
| D.3 Aplicació del model de càlcul i resultats | 27 |
| D.4 Selecció de la bomba i del recipient antiarriet..... | 30 |
| E. SELECCIÓ DELS ELEMENTS DEL SISTEMA | 35 |
| F. CONSULTA A L'AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA | 37 |



A. Consideracions generals sobre aquífers i pous

A.1 Emmagatzematge d'aigües subterrànies

Es defineix com aigua subterrània l'aigua que es troba per sota del nivell freàtic. També es defineix com l'aigua situada en els estrats geològics on l'espai dels porus està quasi al 100% ocupat per aigua.

A continuació s'explica la tipologia dels medis porosos, els tipus d'aquífers i els paràmetres que determinen la producció d'aigua.

Tipologia dels medis porosos

El sòl està format per capes que poden classificar-se en:

- **Permeable:** La seva capacitat per transmetre l'aigua és bona. La resistència al flux vertical és petita i pot despreciar-se. La resistència al flux horitzontal ocasiona pèrdues d'energia.
- **Semipermeable:** Les seves propietats transmissores són relativament dolentes. El flux horitzontal es sol menysprear. El flux en aquestes capes es considera essencialment vertical; ja que al ser una capa de gruix relativament petit enfront la seva extensió, la resistència és petita.
- **Impermeable:** Capa amb males propietats transmissores, on l'aigua no flueix en quantitats significatives ni horitzontal ni verticalment. Aquestes capes es solen trobar a una certa profunditat de la superfície del sòl, en zones on s'han produït compactacions, cimentacions i altres processos de consolidació.

El que una capa concreta pertanyi a un grup o a un altre depèn de les capes que l'envolten i del comportament del sistema aquífer.

La figura A.1 mostra de manera gràfica quatre tipus de porositats de materials habituals en els aquífers. L'aigua subterrània ocupa els porus i les fissures existents als materials que formen el terreny.



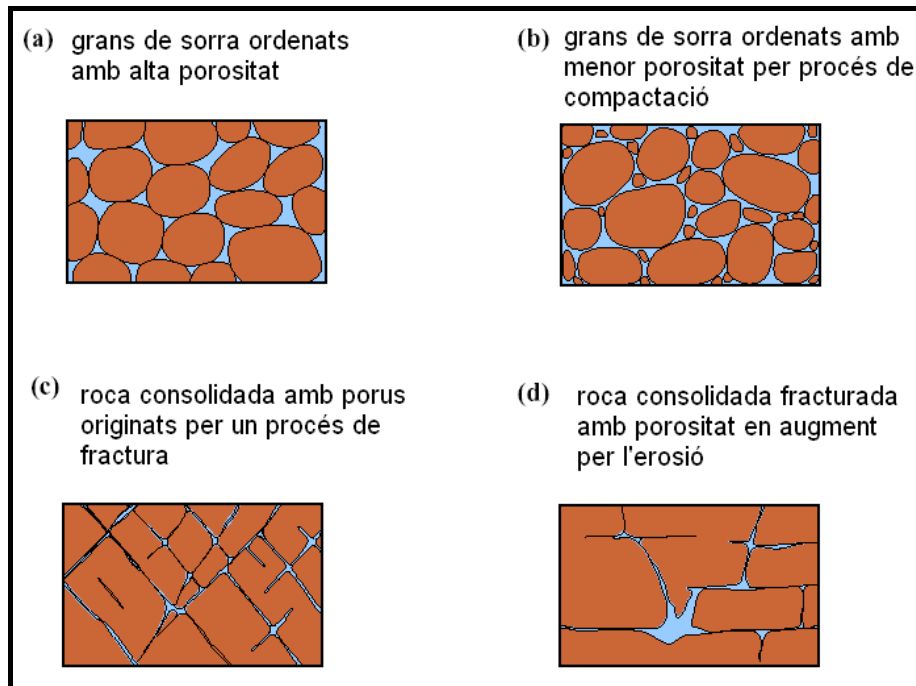


Figura A.1. Porositat de materials habituals en aquífers.

Font: Water Resources Management. The World Bank.

A la figura A.2 es mostra el perfil de l'aigua subterrània al terreny. Sota la superfície del terreny coexisteixen aire i aigua dins els porus i les fissures i l'aigua està subjecte a esforços capil·lars que fan que la seva pressió efectiva sigui menor a l'atmosfèrica. És la zona no saturada, de la qual una part especial és la superior, que constitueix el sòl edàfic (on viuen les plantes i estenen les seves arrels).

A partir de certa fondària (des de centímetres a desenes de metres) l'aigua ocupa tot el volum de porus i fissures; el límit superior d'aquesta zona saturada d'aigua és el nivell freàtic, on la pressió de l'aigua és igual a l'atmosfèrica, mentre que per sota la pressió creix hidrostàticament. Les forces capil·lars poden elevar la zona saturada una mica per sobre del nivell freàtic i formar la franja capil·lar, on l'aigua està a pressió menor que l'atmosfèrica.

A la zona saturada l'aigua té a cada lloc una determinada pressió, que genera un potencial hidràulic que és l'energia per unitat de massa causada per la pressió més la causada per l'alçària sobre una certa referència (el terme d'energia de velocitat és negligible). Quan la densitat de l'aigua al medi saturat és constant, el potencial hidràulic es pot expressar com l'alçària sobre la referència altitudinal d'una columna d'aquesta aigua que equilibri la pressió al punt considerat: és el nivell piezomètric. Al nivell freàtic el potencial hidràulic és igual a la seva alçària [4].



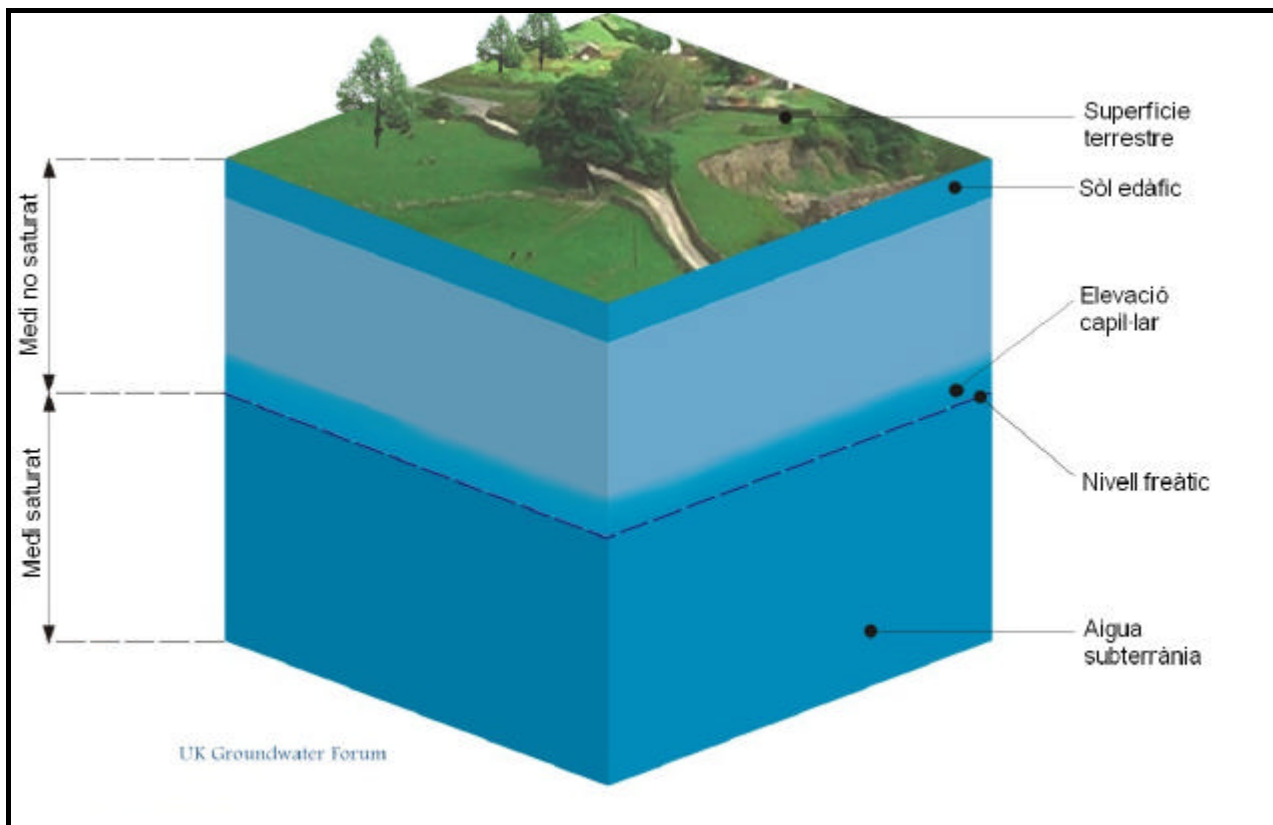


Figura A.2. Perfil de l'aigua subterrània al terreny. Font: UK Groundwater Forum.

Aqüífer

Un aqüífer és la formació geològica en la qual s'emmagatzema i circula aigua subterrània tot aprofitant la porositat de la roca que l'acull i la pressió hidrostàtica present. Un aqüífer pot ser [5]:

- **Confinat o artesià:** És una capa permeable completament saturada, on els seus límits inferior i superior són capes impermeables. Està restringida per un estat superior impermeable que no permet el moviment de l'aigua cap amunt. Al perforar un pou en un aqüífer confinat, l'aigua s'eleva i arribarà a la seva pròpia línia de nivell freàtic. Aquesta línia és la línia piezomètrica, o sigui la pressió hidrostàtica del aqüífer confinat.
- **Lliure o freàtic:** Està format per la zona saturada d'una capa permeable. La seva part inferior està limitada per una capa impermeable. La part superior té una línia de nivell freàtic natural, l'aigua està a pressió atmosfèrica, amb llibertat per pujar o baixar.
- **Semiconfinat:** És una capa permeable completament saturada. A la seva part superior limita amb una capa semipermeable, i la seva part inferior amb una capa impermeable.



Si l'aigua a l'aqüífer està en equilibri, el seu nivell piezomètric coincidirà amb el nivell freàtic de la capa semipermeable situada sobre seu. Un descens del nivell piezomètric a l'aqüífer semiconfinat, per exemple per un bombeig, dona lloc a un flux vertical d'aigua des de la capa semipermeable cap a l'aqüífer bombejat.

La transmissió lenta de l'aigua fa que no siguin apropiats per realitzar captacions, tot i que poden disposar de prou d'aigua

Producció d'aigua

La capacitat de producció d'aigua d'un aqüífer depèn dels paràmetres que es descriuen a continuació [5]:

1. **Producció específica:** Quantitat d'aigua de l'aqüífer expressada com a percentatge del que drena lliurement sota la influència de la gravetat.
2. **Coefficient d'emmagatzematge (S):** Expressa el volum d'aigua que un aqüífer allibera (o acumula) per unitat de superfície i per unitat de variació de longitud en l'alçada piezomètrica. Expressat en [m^3 aigua/ m^3 aqüífer].

Valors típics: $10^{-5} < S < 10^{-3}$ per aqüífers confinats

$10^{-2} < S < 0,35$ per aqüífers lliures

3. **Gradient hidràulic (dh/dx):** És el pendent de la línia piezomètrica en [m/m]. La magnitud de l'"alçada" determina la pressió sobre l'aigua subterrània per moure's i a quina velocitat.
4. **Conductivitat hidràulica (K):** A la zona saturada, es defineix com una mesura de la capacitat d'un medi (en aqüífer, medi rocós) per permetre el pas de l'aigua. Expressada en [m/s]. La conductivitat és una propietat tant del medi com del flux i és dinàmica, variant amb el contingut d'humitat.
5. **Transmissivitat (T):** És la velocitat del flux per unitat d'amplada de l'aqüífer sota un gradient hidràulic unitari. Els valors usuals són $10^{-4} < T < 10^{-1}$, i té la següent expressió:

$$T = K \cdot b \quad (\text{eq. A.1})$$

On: T : Transmissivitat [m^2/s]

K : Conductivitat hidràulica [m/s]

b : Espessor (alçada) de l' aqüífer [m]



Un altre paràmetre hidrològic dels aquífers és la porositat:

- **Porositat (e):** És la relació entre el volum de la part buida d'un material (o ocupada per aire o aigua) i el volum total.

$$e = V_b / V_t \quad (\text{eq. A.2})$$

$$V_t = V_s + V_b \quad (\text{eq. A.3})$$

On: e : porositat (adimensional)

V_b : volum dels buits [m^3]

V_t : volum total [m^3]

V_s : volum de la part sòlida del material porós [m^3]

Aquests paràmetres serveixen per conèixer les característiques de l'aquífer i la seva capacitat de producció d'aigua.

A.2 Consideracions sobre pous

Un pou és una excavació vertical i profunda, practicada en el sòl fins a trobar una capa aquífera, generalment el mantell freàtic més pròxim a la superfície, destinada a extreure aigua pel seu aprofitament.

A continuació s'expliquen algunes consideracions bàsiques per la construcció i explotació de pous, resumint la informació de [30] i [31].

Procés constructiu de pous verticals

En el procés constructiu i a la fase de disseny d'un pou, s'han de tenir presents algunes recomanacions:

- Construcció en forma circular, de formigó armat amb encofrat metàl·lic. El diàmetre interior normalment és de 3,0 m (1,6 m com a mínim i 6,0 m com a màxim).
- La profunditat màxima en pous de 3 m de diàmetre sense utilitzar un sistema telescòpic és de 57 m.



- A la base del pou es col·loca un cercle d'acer, amb el primer tram cònic amb bisell interior. El diàmetre exterior d'aquest primer tram té uns centímetres més que la resta del pou, per reduir la fricció d'aquest amb el terreny durant el seu descens.
- El càlcul de les armadures s'ha de realitzar segons el cas concret. L'espessor de la paret sol escollir-se tal que el seu pes resulti suficient per enfonsar el pou, i això comporta en general espessors majors als necessaris per efectes resistents.
- Quan la profunditat del pou assoleix la cota prevista, es procedeix a construir amb formigó un tap que tapa la part inferior del pou (la entrada d'aigua es dona pels laterals). Així s'obté un pou vertical estanc i amb cimentació.
- S'han de considerar els elements constructius per assentar correctament el pou.
- L'entrada de l'aigua al pou és lateral. El pou es pot equipar amb una reixeta, que permet l'entrada de l'aigua al pou lliure de sorra, amb un mínim de pèrdua de càrrega. La bomba també disposa d'un filtre per evitar l'entrada de partícules superiors a la mida de filtratge. L'elecció de les mides de filtratge s'ha de considerar per al correcte funcionament del sistema.
- Per a la selecció dels filtres o reixetes, s'ha de tenir en compte el fenomen de la incrustació. Les elevades velocitats de pas per la zona filtrant i els descensos grans, faciliten les incrustacions per variació dels gasos dissolts a l'aigua. Per això és convenient escollir reixetes amb la major àrea de pas de l'aigua possible.
- Un altre aspecte a tenir present és la corrosió a l'interior del pou. Per això cal seleccionar materials que siguin resistents a aquest fenomen.
- Ha de tenir un fàcil accés tant per instal·lar els equips com per a la seva neteja.
- Ha de dissenyar-se tal que el tram d'impulsió sigui vertical rectilini.
- S'ha d'instal·lar un sistema d'elevació de la bomba, per poder canviar-la o reparar-la.
- S'ha d'instal·lar un sistema pel recolzament de la canonada de captació i de la bomba submergida. La bomba penja de la canonada, i aquesta ha de estar subjectada correctament a la superfície del pou.



Protecció sanitària

Necessitat de protecció sanitària

S'han de prendre precaucions per evitar la contaminació de l'aigua subterrània extreta d'un pou, i així obtenir-la en adequades condicions físiques, químiques i biològiques. A part de les fonts de contaminació externes a l'actuació, com aigües i productes procedents d'activitats industrials o comercials, també s'han de prendre mesures en la manipulació del material de sondeig, en la perforació del pou i en els materials que s'instal·len al pou (entubats, bomba).

L'adequada protecció sanitària d'un pou s'ha d'incloure durant la construcció i explotació del pou, per prevenir la introducció de contaminants en l'aqüífer d'on prové l'aigua i per evitar la contaminació de l'aigua extreta.

Mesures de protecció sanitària

Una vegada s'ha finalitzat la construcció del pou i la instal·lació dels seus accessoris, és essencial procedir a la completa desinfecció del pou. Primer s'ha de netejar el pou, rentant la part interior.

El mètode més corrent i eficaç per desinfectar un pou és utilitzar una solució de clor actiu, dissolvent en aigua hipoclorit sòdic o hipoclorit càlcic. Un cop completat el període de desinfecció, s'ha de bombejar l'aigua del pou de forma contínua fins eliminar tots els residus de clor. Evidentment, aquesta aigua no es faria servir per al reg proposat al projecte.

Procediments constructius per una adequada protecció sanitària

La construcció d'un pou en l'aqüífer a explotar pot facilitar la contaminació directa de l'aigua subterrània. Les principals vies de possible contaminació del pou són la part superior i l'espai anular entre la canonada i el forat de perforació.

En la construcció d'un pou és molt important la seva ubicació respecte possibles fonts de contaminació. S'hauran de realitzar els estudis pertinents i aplicar les mesures necessàries per evitar la contaminació externa.

S'ha de dotar el pou d'una protecció superior per evitar l'entrada d'aigües exteriors o altres líquids i elements. La canonada de captació ha de sobresortir al menys 0,5 m per sobre de la superfície del terreny, i s'ha de disposar al voltant seu una placa de ciment o similar, tal que la cara superior tingui pendent en direcció a la perifèria en totes direccions.

Els elements que s'instal·lin a l'interior del pou no han de ser susceptibles de contaminar les aigües.





B. Resum de l'estudi climàtic a Barcelona. Any 2007

La informació que es presenta a continuació s'ha extret del *Butlletí anual d'indicadors climàtics. Any 2007* [12], publicat pel Servei Meteorològic de Catalunya.

Les dades de temperatura de l'aire i precipitació utilitzades són les corresponents a l'Observatori Fabra (Barcelona). Es disposen de dades des de l'any 1913. El període 1961-1990 s'agafa com període de referència al llarg de l'estudi.

a) Temperatura

La temperatura mitjana de l'any 2007 ha estat de 16 °C.

La temperatura de l'aire ha experimentat un augment significatiu al llarg del darrer segle (veure figura B.1). La mitjana anual s'ha incrementat a raó de 0,16 °C per dècada, és a dir, un augment aproximat de 1,6 °C als últims cent anys.

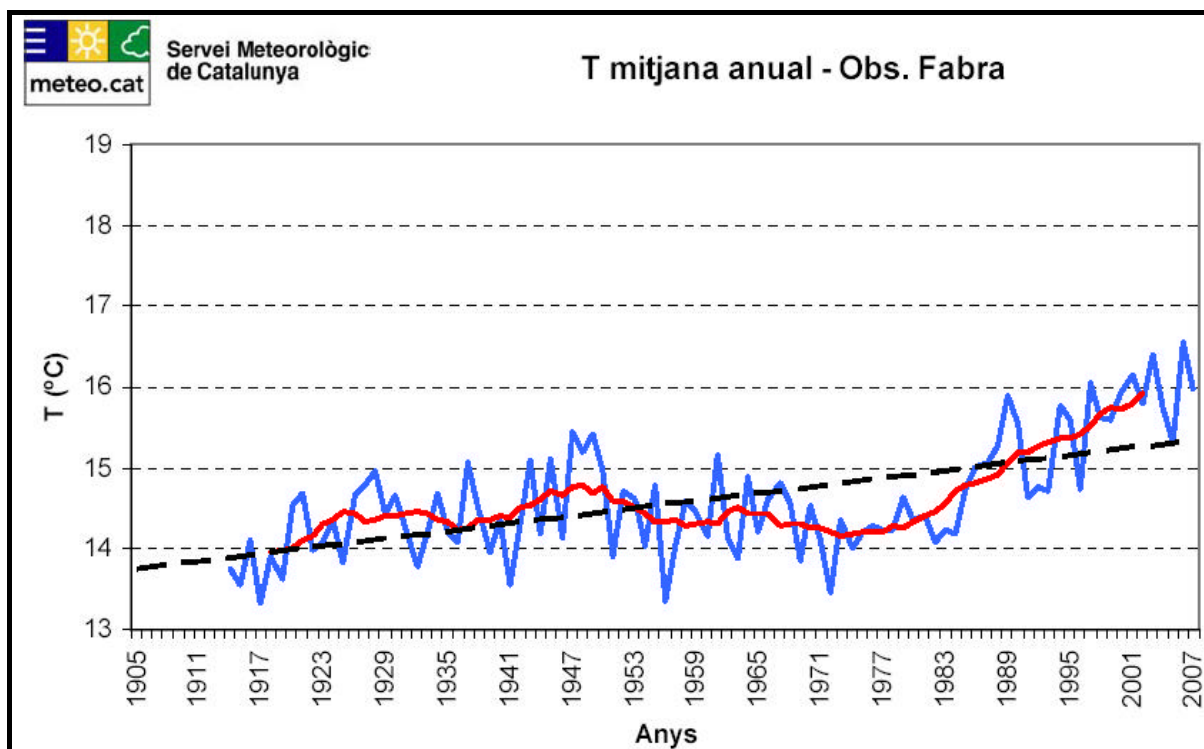


Figura B.1. Evolució de la temperatura mitjana anual a l'Observatori Fabra (1914-2007). L'evolució de la temperatura mitjana anual s'expressa en traç blau continu i la línia de tendència en traç discontinu. En vermell es representa la mateixa evolució suavitzada amb una mitjana mòbil d'11 anys de període.

Font:[12].



Les mitjanes de la temperatura màxima i mínima han estat clarament superiors a les mitjanes climàtiques (veure taula B.1)

| | Any 2007 | 1961-1990 | 1971-2000 |
|---|----------|-----------|-----------|
| Temperatura mitjana anual (°C) | 16,0 | 14,5 | 14,8 |
| Mitjana de la temperatura màxima anual (°C) | 19,7 | 18,1 | 18,4 |
| Mitjana de la temperatura mínima anual (°C) | 12,2 | 10,9 | 10,9 |

Taula B.1. Comparació dels valors mitjans de temperatura màxima i mínima anual amb els valors mitjans climàtics. Font:[12].

Altra informació de l'estudi:

- El ritme d'augment de la mitjana anual de la temperatura màxima és gairebé el doble de l'increment experimentat per la mitjana anual de la temperatura mínima.
- L'any 2007 en el context de l'evolució climàtica del darrer segle s'ha mostrat com a un any càlid, amb una anomalia de la temperatura mitjana de l'aire respecte el període de referència 1961-1990 de 1,5 °C.
- De l'observació dels índexs es desprèn que als dos observatoris augmenta el nombre de dies d'estiu, augmenta el valor de la temperatura màxima absoluta, l'amplitud tèrmica anual, el nombre de dies càlids, el nombre de nits càlides, el nombre de nits tropicals i les ratxes càlides. D'altra banda, disminueix el nombre de nits fredes, els dies de glaçada i les ratxes fredes.

b) Precipitacions

La quantitat de precipitació (PPT) de l'any 2007 ha estat de 493,6 mm (unitat equivalent a litres per metre quadrat). La precipitació acumulada durant l'any 2007 ha estat **al voltant d'un 23% inferior respecte la mitjana climàtica** (taula B.2).

| | Any 2007 | 1961-1990 | 1971-2000 |
|----------------|----------|-----------|-----------|
| PPT anual (mm) | 493,6 | 641,8 | 651,6 |

Taula B.2. Comparació dels valors de precipitació anuals amb els valors mitjans climàtics. Font:[12].



Les figures següents mostren l'evolució de la precipitació anual, expressada en forma de totals anuals acumulats (figura B.2) i com a anomalies (figura B.3). A l'estudi de les dades de precipitació anual acumulada del període 1914-2007, no s'observa cap tendència estadísticament significativa. Malgrat tot, de l'anàlisi de la figura B.3 és interessant remarcar que **dels darrers deu anys, nou han enregistrat precipitacions inferiors a la mitjana a l'Observatori Fabra**, situació similar a l'experimentada en els anys 1940 i 1950.

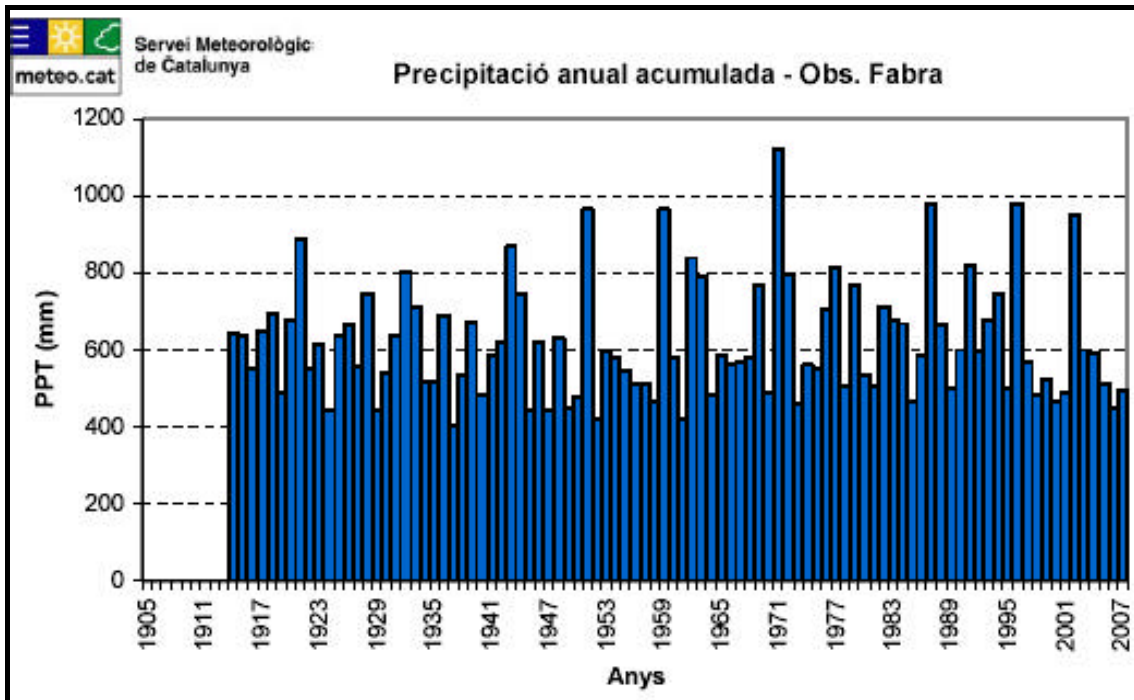


Figura B.2.. Evolució de la precipitació acumulada anual a l'Observatori Fabra (1914-2007). Font:[12].



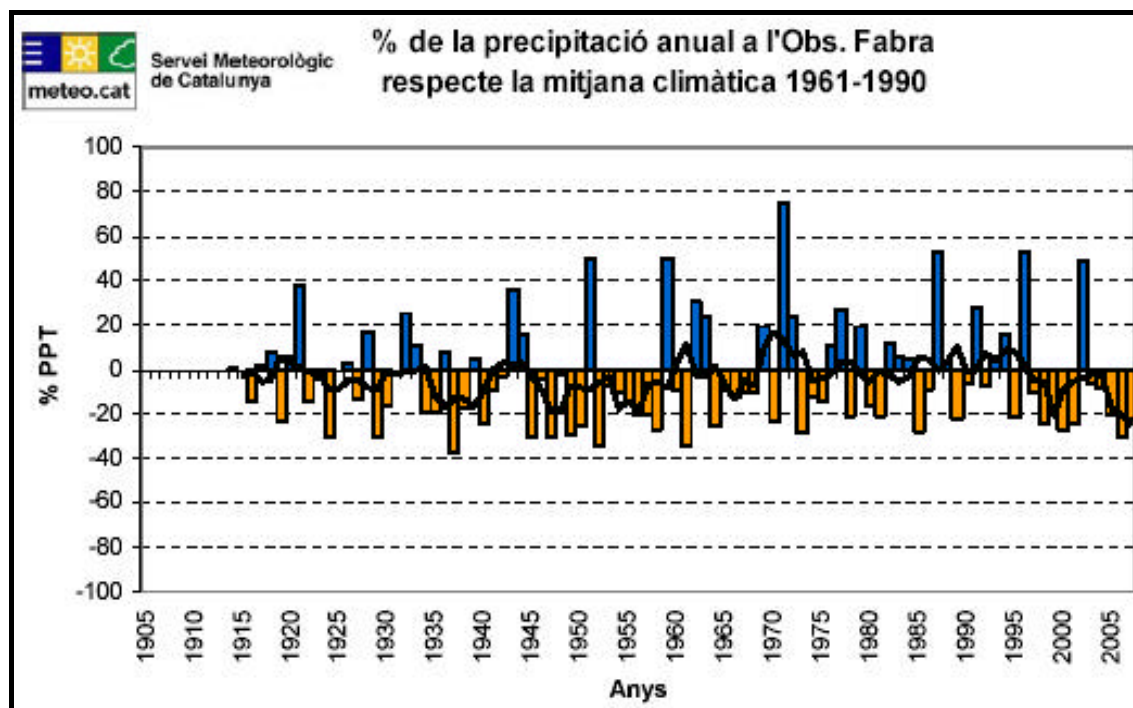


Figura B.3. Evolució de la precipitació anual a l'Observatori Fabra (1914-2007). Els valors s'expressen com a anomalies percentuals respecte al període de referència 1961-1990. Les barres de color blau indiquen percentatges positius (anys plujosos) mentre que les barres taronges indiquen anys secs. La corba negra continua expressa la mitjana mòbil de cada cinc anys de període. Font:[12].

Altra informació de l'estudi:

- S'ha detectat un lleuger augment de la precipitació hivernal i de tardor i una disminució de la precipitació estival.
- La pluja total anual cau repartida en menys dies.



C. Requeriments de qualitat de l'aigua

A continuació es presenten les taules sobre requeriments de qualitat de l'aigua que complementen la informació de l'apartat 5.4 de la memòria. En aquest mateix capítol també es presenten dos taules que indiquen la dosi necessària de radiació ultraviolada per la inactivació de patògens, completant la informació de l'apartat 5.5.3 sobre la desinfecció ultraviolada.

Com a criteri de qualitat a Barcelona [14] s'ha adoptat el tipus d'aigua A1 de la Direcció general de la Salut pública (Prevenió del risc sanitari derivat de la reutilització d'aigües residuals depurades com a aigües de reg. Barcelona 1994), que estableix requeriments que són idèntics als criteris de qualitat per a aigües regenerades que s'expliquen a continuació.

A la taula C.1 es mostren els criteris de qualitat per a aigües regenerades de la legislació estatal referent a aigües regenerades (Reial Decret 1620/2007 de 7 de desembre sobre Aigües Regenerades), on hi apareixen taules amb els criteris de qualitat segons diferents usos, l'ús urbà de reg de zones verdes urbanes correspon a la "qualitat 1.2". També apareixen els criteris de qualitat de l'aigua regenerada segons diferents usos de L'Agència Catalana de l'Aigua, on l'activitat del present projecte correspon a "tipus d'aigua i ús: B 1".

| Criteri | Nematodes | <i>Escherichia Coli</i> | Sòlids en Suspensió | Terbolesa | Altres paràmetres |
|---------|-----------|-------------------------|---------------------|-----------|--|
| A | < 1 ou/ l | < 200 UFC/100 ml | < 20 mg/l | < 5 UNT | <i>Legionella pneumophila</i> <1.000 UFC/L 6 < pH < 9 |
| B | < 1 ou/ l | < 200 UFC/100 ml | < 20 mg/l | < 10 UNT | <i>Legionella spp</i> <100 UFC/L |

Taula C.1. Criteris de qualitat de l'aigua regenerada segons l'Agència Catalana de l'Aigua (A) i el Reial Decret 1620/2007 (B).

UFC: Unitats Formadores de Colònies. UNT: Unitats Nefelomètriques de Turbietat

S'utilitzen aquestes unitats per ser les de referència per aquests paràmetres.

Escherichia Coli: Coliformes fecals

Font: Agència Catalana de l'Aigua i Reial Decret 1620/2007 (BOE nº 294).

A la taula C.2 es mostren les directrius de l'Organització per l'Alimentació i l'Agricultura de les



Nacions Unides (*The Food and Agriculture Organization of the United Nations,FAO*) per interpretar la qualitat de l'aigua per reg.

| Paràmetre | Símbol | Unitat | Valors normals en aigua de reg | |
|------------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|
| SALINITAT | Contingut en Sals | | | |
| | Conductivitat Elèctrica | ECa | dS/m | 0-3 |
| | Total Sòlids en Solució | TSS | mg/l | 0-2000 |
| | Cations i anions | | | |
| | Calci | Ca ⁺⁺ | me/l | 0-20 |
| | Magnesi | Mg ⁺⁺ | me/l | 0-5 |
| | Sodi | Na ⁺ | me/l | 0-40 |
| | Carbonats | CO ₃ ⁻ | me/l | 0-0,1 |
| | Bicarbonats | H CO ₃ ⁻ | me/l | 0-10 |
| | Clor | Cl ⁻ | me/l | 0-30 |
| | Sulfats | SO ₄ ⁻ | me/l | 0-20 |
| NUTRIENTS¹ | Nitrat-Nitrogen | NO ₃ -N | mg/l | 0-10 |
| | Amoni-Nitrogen | NH ₄ -N | mg/l | 0-5 |
| | Fosfat-Fòsfor | PO ₄ -P | mg/l | 0-2 |
| | Potassi | K ⁺ | mg/l | 0-2 |
| VARIS | Bor | B | mg/l | 0-2 |
| | Acidesa o Basicitat | pH | 1-14 | 6-8,5 |
| | Relació d'Adsorció de Sodi | RAS | (me/l) ^{1,2} | 0-15 |

Taula C.2. Anàlisis de laboratori necessaris per avaluar les aigües per a reg. Font: FAO,1987



mg/l: mil·ligrams/litre=parts per milió (ppm). me/l: mil·liequivalent/litre (me/l= mg/l pes equivalent)

1: NO₃-N significa que el laboratori ha de determinar el NO₃ de l'aigua i expressar-lo com nitrogen químicament equivalent. S'ha de seguir el mateix procediment per l'amoni, i pel fosfat (expressat com fòsfor equivalent. El nitrogen total per les plantes és la suma del nitrogen equivalent.

Dosi de radiació ultraviolada necessària

A continuació es mostren dos taules (taula C.3 i taula C.4) amb informació sobre la dosi UV necessària per inactivar patògens.

| Patògens | Dosis UV (mWs/cm ²) per inactivar patògens | | | |
|--------------------------------|--|-----------|-----------|-----------|
| | 90% | 99% | 99,9% | 99,99% |
| <i>Cryptosporidium oocysts</i> | --- | <10 | <19 | --- |
| <i>Giardia muris</i> | --- | <5 | --- | --- |
| <i>Vibrio Cholerae</i> | 0,8 | 1,4 | 2,2 | 2,9 |
| <i>Shigella dysenteriae</i> | 0,5 | 1,2 | 2,0 | 3,0 |
| <i>Escherichia coli</i> | 1,5 | 2,8 | 4,1 | 5,6 |
| <i>Salmonella typhi</i> | 1,8-2,7 | 4,1-4,8 | 5,5-6,4 | 7,1-8,2 |
| <i>Shigella sonnei</i> | 3,2 | 4,9 | 6,5 | 8,2 |
| <i>Salmonella enteritidis</i> | 5,0 | 7,0 | 9,0 | 10,0 |
| Hepatitis A (virus) | 4,1-5,5 | 8,2-14,0 | 12,0-22,0 | 16,0-30,0 |
| Poliovirus Tipus 1 (virus) | 4,0-6,0 | 8,7-14,0 | 14,0-23,0 | 21,0-30,0 |
| Coxsackie B5 (virus) | 6,9 | 14,0 | 22,0 | 30,0 |
| Rotavirus SA11 (virus) | 7,1-16,0 | 15,0-36,0 | 23,0-26,0 | 36,0-50,0 |

Taula C.3. Inactivació de patògens segons l'empresa Trojan amb el sistema UV-4000. Font: [23].



| Microorganismes | Reducció | | Microorganismes | Reducció | |
|------------------------------------|----------|-------|----------------------------------|----------|-------|
| | 90% | 99% | | 90% | 99% |
| <i>Bacillus Anthracis</i> | 4,5 | 8,7 | Coliformes fecales | 3,4 | 6,8 |
| <i>Bacillus Subtilis, Esporas</i> | 12,0 | 22,0 | <i>Salmonella Enteritidis</i> | 4,0 | 7,6 |
| <i>Bacillus Subtilis</i> | 7,1 | 11,0 | <i>Salmonella Paratyphi</i> | 3,2 | --- |
| <i>Campylobacter Jejuni</i> | 1,1 | --- | <i>Salmonella Typhi</i> | 2,1 | --- |
| <i>Clostridium Tetan</i> | 12,0 | 22,0 | <i>Salmonella Typhimurium</i> | 3,0 | --- |
| <i>Corynebacterium Diphtheriae</i> | 3,4 | 6,5 | <i>Shigella Dysenteriae</i> | 2,2 | 4,2 |
| <i>Escherichia Coli</i> | 3,0 | 6,6 | <i>Shigella Flexneri</i> | 1,7 | 3,4 |
| <i>Klebsiella Terrigena</i> | 2,6 | --- | <i>Shigella Sonnei</i> | 3,0 | 5,0 |
| <i>Legionella Pneumophila</i> | 0,9 | 2,8 | <i>Staphylococcus Aureus</i> | 5,0 | 6,6 |
| <i>Sarcina Lutea</i> | 20,0 | 26,4 | <i>Streptococcus Faecalis</i> | 4,4 | --- |
| <i>Mycobacterium Tuberculosis</i> | 6,0 | 10,0 | <i>Streptococcus Pyogenes</i> | 2,2 | --- |
| <i>Pseudomonas Aeruginosa</i> | 5,5 | 10,5 | <i>Vibrio Cholerae</i> | --- | 6,5 |
| <i>Ms-2 Colifagus</i> | 18,6 | --- | <i>Yersinia Enterocolitica</i> | 1,1 | --- |
| <i>F-Bacteriophagus especif.</i> | 6,9 | --- | <i>Influenza Virus</i> | 3,6 | 6,6 |
| Hepatitis A | 7,3 | --- | <i>Polio Virus</i> | 5-8 | 14,0 |
| <i>Giardia Lamblia</i> | 82,0 | --- | <i>Rotavirus</i> | 6-15 | 15-40 |
| <i>Cryptosporidium Parvum</i> | 80,0 | 120,0 | <i>Chlorella Vulgaris (alga)</i> | 12,0 | 22,0 |
| <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> | 7,3 | 13,2 | | | |

Taula C.4. Dosis UV en mWs/cm² necessària per inactivar una població microbiana. Font: [23].



D. Càlculs hidràulics

En aquest apartat es presenta el model que s'ha utilitzat per realitzar els càlculs hidràulics, per obtenir l'alçada neta d'impulsió que ha de donar la bomba (situada al *punt 1*) i procedir a la seva selecció.

D.1 Presentació del model de càlcul

Primer s'ha de calcular la velocitat del fluid a la canonada i el número de Reynolds, com es descriu a continuació.

Càlcul de la velocitat del fluid v i del número de Reynolds Re :

$$v = Q / A = Q4 / (\pi \cdot D^2) \quad (\text{eq. D.1})$$

$$Re = v \cdot D / \nu \quad (\text{eq. D.2})$$

- On:
- v : velocitat del fluid a la canonada [m/s]
 - Q : cabal de fluid per la canonada [m³/h]
 - A : Àrea de la secció transversal de la canonada [m²]
 - D : diàmetre interior de la canonada [m]
 - Re : número de Reynolds del flux per la canonada
 - ν : viscositat del fluid ($\nu_{10^\circ\text{C}} = 1,31 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)

Quan $Re < 2000$ el flux és laminar. Si $Re > 4000$ el flux és turbulent. Entre $2000 < Re < 4000$ existeix una zona de transició.

El model de càlcul es basa en l'equació fonamental de la hidrodinàmica per a un fluid real (on la viscositat origina un fregament) on hi ha presència de màquines que subministren energia al fluid: **l'equació de Bernoulli generalitzada**. Es presenta a continuació:



Alçada hidràulica total al punt i (H_i):

$$H_i = v_i^2/2g + z_i + p_i/\rho g \quad (\text{eq. D.3})$$

- On:
- $v_i^2/2g$: alçada cinètica al punt i [m]
 - z_i : alçada gravitatòria al punt i [m]
 - $p_i/\rho g$: alçada de pressió al punt i [m]
 - v_i : velocitat al punt i [m/s]
 - g : coeficient de la gravetat (9,81 m/s²)
 - p_i : pressió absoluta al punt i [Pa]
 - ρ : densitat de l'aigua ($\rho_{10^\circ\text{C}}=999,7 \text{ kg/m}^3$)

Equació del circuit hidràulic en sèrie:

$$H_1 + H_b = H_2 + H_p \quad (\text{eq. D.4})$$

- On:
- H_1, H_2 : alçada total al punt 1 i 2 [m]
 - H_b : alçada neta d'impulsió de la bomba [m]
 - H_p : pèrdua de càrrega total entre 1 i 2 [m]

Pèrdues de càrrega al circuit hidràulic

Les pèrdues de càrrega que es donen en les conduccions són de dues classes: lineals i singulars.

$$H_p = H_{pl} + H_{ps} \quad (\text{eq. D.5})$$

- On:
- H_p : pèrdua de càrrega total entre 1 i 2 [m]
 - H_{pl} : terme suma de les pèrdues de càrrega lineals entre 1 i 2 [m]
 - H_{ps} : terme suma de les pèrdues de càrrega singulars entre 1 i 2 [m]



a) Pèrdues de càrrega lineals o primàries

Són degudes a les tensions tallants d'origen viscós que apareixen entre el fluid i les parets de la canonada.

Les pèrdues lineals es poden calcular mitjançant l'**equació de Darcy-Weisbach**:

$$H_{pl} = f (L/D) \cdot (v^2/2g) \quad (\text{eq. D.6})$$

- On:
- H_{pl} : pèrdua de càrrega lineal [m]
 - f : coeficient de fricció o de Darcy
 - L : longitud de la canonada [m]
 - D : diàmetre interior de la canonada [m]
 - v : velocitat mitja del fluid [m/s]
 - g : coeficient de la gravetat (9,81 m/s²)

El coeficient de fricció f és un coeficient adimensional, que en general és funció del número de Reynolds i de la rugositat relativa ($e_r = e/D$) de la canonada: $f = f(Re, e_r)$.

Per **règim turbulent**, *Colebrook i White (1939)* van proposar la següent expressió per al càlcul de f (requereix fer iteracions):

$$1/\sqrt{f} = -2 \log (e/(3.71 \cdot D) + 2,51/(Re \cdot \sqrt{f})) \quad (\text{eq. D.7})$$

A partir d'aquesta expressió, *Moody* va desenvolupar l'*àbac de Moody* (1944). Fent ús d'aquest diagrama, de manera fàcil es pot trobar el coeficient de fricció.

Una aproximació de la fórmula de *Colebrook i White*, és la fórmula explícita de **Swamme i Jane (1976)**:

$$f = 0,25 / [\log (e/(3,71 \cdot D) + 5,74/Re^{0,9})]^2 \quad (\text{eq. D.8})$$

vàlida per $10^{-6} < e < 10^{-2}$ mm i $10^3 < Re < 10^8$, amb un error d'un $\pm 1\%$ respecte l'expressió de *Colebrook i White* [32].

Es decideix fer ús de la fórmula de Swamme i Jane, ja que l'error comès serà menor al de fer ús de l'àbac de Moody.



b) Pèrdues de càrrega singulars o secundàries

Són les produïdes per qualsevol element que dificulti el pas del fluid, com colzes, vàlvules, canvis de secció, etc.

Per al càlcul de les pèrdues als colzes i vàlvules es decideix seguir el mètode de la longitud de canonada equivalent, L_{eq} , que segueix l'expressió de l'equació D.6. Aquest mètode considera que el valor de les pèrdues singulars generades per un element es pot assimilar com una longitud addicional de la canonada en el tram corresponent (eq. 6.9). El valor de la L_{eq} s'agafa de [33].

$$H_{ps} = f (L_{eq}/D) \cdot (v^2/2g) \quad (\text{eq. D.9})$$

On: L_{eq} : Longitud equivalent de l'element singular [m]

Els valors de les pèrdues singulars al filtre, a l'equip de desinfecció UV i al cabalímetre s'obtenen dels seus respectius catàlegs.

Finalment, es decideix **majorar** el càlcul de l'alçada d'elevació de la bomba amb un coeficient del 10%.

Comentari: En la realització dels càlculs s'ha decidit utilitzar el model proposat anteriorment. Cal advertir que al fer ús d'altres fórmules empíriques, els resultats calculats poden ser diferents.

D.2 Descripció i dades del sistema d'estudi

Característiques del pou (punt 1)

El pou seleccionat per al projecte és el pou B, situat a la zona del centre comercial Gran Via 2 de L'Hospitalet de Llobregat. S'ha seleccionat aquest pou perquè es disposa d'informació relativa als nivells del pou, i tot i que es tracta d'un pou de prestacions superiors (relatives a cabal d'extracció) a les requerides al present projecte, permet poder treballar amb dades reals. Es considera una temperatura de l'aigua de 10 °C.

El *punt 1* correspon al nivell de l'aigua a l'interior del pou. La cota zero es situa al punt d'entrada de l'aigua a la bomba. La fondària del sondeig és de 19 m, el punt d'entrada d'aigua a la bomba està situat a 3 m del fons del pou. (Veure figura D.1.)



Per a realitzar els càlculs es consideraran dos casos: pou a nivell dinàmic i a nivell estàtic. A la taula D.1 es defineixen les característiques dels dos casos.

Hipòtesi: En el cas del projecte el cabal d'extracció és de $10 \text{ m}^3/\text{h}$, això fa suposar que el nivell dinàmic serà superior al que assoleix l'aigua al pou amb un cabal d'extracció de $30 \text{ m}^3/\text{h}$. Es realitza la següent hipòtesi, per a un cabal de $10 \text{ m}^3/\text{h}$ el nivell dinàmic es considera de 11,1333 m (calculat considerant un comportament lineal: si s'extreu un terç del cabal real d'extracció, el descens del nivell de l'aigua serà un terç del real).

| Nivell del pou | Alçada del Punt 1 [m] |
|---|-----------------------|
| Dinàmic ($Q_{\text{extracció}}=30 \text{ m}^3/\text{h}$) | 5 |
| Dinàmic* ($Q_{\text{extracció}}=10 \text{ m}^3/\text{h}$) | 11,1333* |
| Estàtic | 14,2000 |

Taula D.1. Dades dels diferents nivells de l'aigua al pou.

Dinàmic* : nivell dinàmic hipotètic suposat per extracció de $10 \text{ m}^3/\text{h}$. Font: [18].



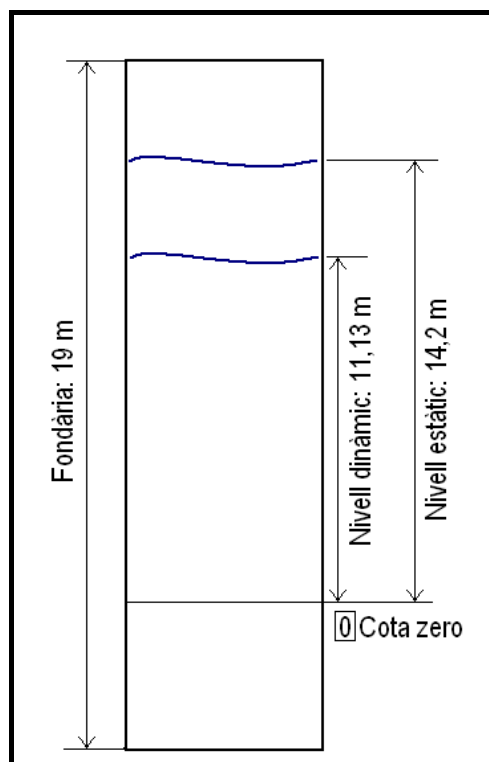


Figura D.1. Croquis del pou del projecte.

El punt d'entrada d'aigua a la bomba, cota zero per als càlculs hidràulics, es situa uns 11 m per sota del nivell dinàmic del pou. Aquests 11 m suposen una distància de seguretat suficient en condicions normals per al bon funcionament de la bomba submergible.

Característiques del punt de connexió amb l'arqueta de reg (punt 2)

Els valors requerits al punt de connexió amb l'arqueta de reg, *punt 2* del sistema, són:

$$Q_2 = 10 \text{ m}^3/\text{h} \text{ i } P_2 = 4 \text{ bar (pressió relativa)}$$



Característiques de les canonades

A la taula D.2 es descriuen les característiques de les canonades.

| Tram | Longitud [m] | Material | Rugositat e [mm] | Diàmetre [mm] | Pressió [bar] |
|------|--------------|--|--------------------|---------------|---------------|
| A | 16 | Acer inoxidable AISI 304 | 0,05 | DN 50 | PN 10 |
| B | 100 | PE 100 Amb franges de color morat | 0,01 | DN 50 | PN 10 |
| C | 4 | Acer galvanitzat DIN 2448 amb pintura anticorrosiva | 0,05 | DN 50 | PN 10 |

Taula D.2. Característiques de les canonades.

D.3 Aplicació del model de càlcul i resultats

A continuació es presenten els resultats del sistema utilitzant el model de càlcul proposat. Primer es calcula velocitat (eq. D.1) i el número de Reynolds (eq D.2):

$$v = Q / A = Q \cdot 4 / (\pi \cdot D^2) = (10/3600) \cdot 4 / (\pi \cdot (50 \cdot 10^{-3})^2) = 1,4147 \text{ m/s}$$

$$Re = v \cdot D / \nu = 1,4147 \cdot 50 \cdot 10^{-3} / 1,31 \cdot 10^{-6} = 5,3996 \cdot 10^4 \rightarrow \text{Règim turbulent } (Re > 4000)$$

A continuació es calcula l'alçada hidràulica dels punts 1 i 2 (taula D.3) aplicant l'equació D.3. S'estudien dos casos per a la situació del punt 1:

- a. Pou en nivell estàtic
- b. Pou en nivell dinàmic



| Punt | | v [m/s] | z [m] | p [bar] | H [m] |
|------|-----------------------|-----------|---------|-----------|----------------|
| 1 | Cas a. Nivell estàtic | 0 | 14,20 | 1,013 | 24,5318 |
| | Cas b. Nivell dinàmic | 0 | 11,13 | 1,013 | 21,4751 |
| 2 | | 1,4147 | 20,00 | 5,013 | 71,2182 |

Taula D.3. Alçada hidràulica dels punt 1 i 2.

Ara es calculen les pèrdues de càrrega H_p al sistema. Per calcular les pèrdues de càrrega lineals H_{pl} (taula D.5) s'utilitza l'equació D.6. Primer es calcula el coeficient de fricció f (taula D.4) aplicant l'eq. D.8.

| Material | e [mm] | f |
|----------|----------|------------------------|
| PE 100 | 0,01 | $2,1227 \cdot 10^{-2}$ |
| Acer nou | 0,05 | $2,3927 \cdot 10^{-2}$ |

Taula D.4. Valors de f segons el material de les canonades, aplicant l'eq. D.8.

Font dels valors de ε : [32] i [34].

| Tram | L [m] | D [mm] | v [m/s] | f | H_{pl} [m] |
|--------------|---------|----------|-----------|------------------------|---------------|
| A | 16 | 50 | 1,415 | $2,3927 \cdot 10^{-2}$ | 0,7810 |
| B | 100 | 50 | 1,415 | $2,1227 \cdot 10^{-2}$ | 4,3306 |
| C | 4 | 50 | 1,415 | $2,3927 \cdot 10^{-2}$ | 0,1953 |
| TOTAL | | | | | 5,3068 |

Taula D.5. Pèrdues de càrrega lineals del sistema aplicant l'eq. D.6.



Per calcular les pèrdues singulars H_{ps} s'utilitza l'equació D.9 o les dades del catàleg de l'equip, segons el mètode de càlcul. Els resultats apareixen a la taula D.6.

| Element | Mètode càlcul | L equivalent [m] | Pèrdua pressió [bar] | H_{ps} [m] |
|----------------|---------------|------------------|----------------------|--------------|
| Colze 90° 1 | 1 | 1,7 | - | 0,0830 |
| Vàlvula pap. 1 | 1 | 0,35 | - | 0,0171 |
| Colze 90° 2 | 1 | 1,7 | - | 0,0736 |
| Colze 90° 3 | 1 | 1,7 | - | 0,0736 |
| Vàlvula pap. 2 | 1 | 0,35 | - | 0,0171 |
| Filtre | 2 | - | 0,05 | 0,5098 |
| Colze 90° 4 | 1 | 1,7 | - | 0,0830 |
| Equip UV | 2 | - | 0,10 | 1,0197 |
| Colze 90° 5 | | 1,7 | - | 0,0830 |
| Vàlvula mot. 4 | 1 | 0,35 | - | 0,0171 |
| Cabalímetre | 2 | - | 0,01 | 0,1020 |
| TOTAL | | | | 2,079 |

Taula D.6. Pèrdues singulars del sistema.

(Mètode de càlcul: 1: Longitud equivalent, 2: Catàleg fabricant)

Per tant, el terme d'alçada corresponent a les pèrdues de càrrega del sistema és (eq. D.5) :

$$H_p = H_{pl} + H_{ps} = 5,3068 + 2,079 = \mathbf{7,3858 \text{ m}}$$

Així, amb l'expressió de l'equació. 6.4, s'obté que l'alçada d'elevació de la bomba ha de ser de:

$$H_b = H_2 + H_p - H_1 = 71,2182 + 7,3858 - 24,5318 = \mathbf{54,0722 \text{ m}}$$
 pel cas a: pou nivell estàtic.

$$H_b = H_2 + H_p - H_1 = 71,2182 + 7,3858 - 21,4651 = \mathbf{57,1389 \text{ m}}$$
 pel cas b: pou nivell dinàmic.



S'agafa el valor del nivell dinàmic (cas més desfavorable) per dimensionar la bomba.

Finalment, es millora amb un 10% aquesta alçada, donant una alçada d'elevació de:

$$H_b = 62,85 \text{ m}$$

D.4 Selecció de la bomba i del recipient antiariet

Selecció de la bomba

A partir dels resultats obtinguts, es selecciona la bomba submergible vertical centrífuga *GRUNDFOS SP 17-6*. A la figura D.2 es mostra la corba característica de la bomba i el punt de treball aproximat de la bomba. En aquest punt, el rendiment de la bomba serà del 66,67%, i el del conjunt motor-bomba un 54%. La velocitat de gir és de 2921 rpm. L'equip consumirà 3,25 kW. La bomba funciona amb arrencada directa.

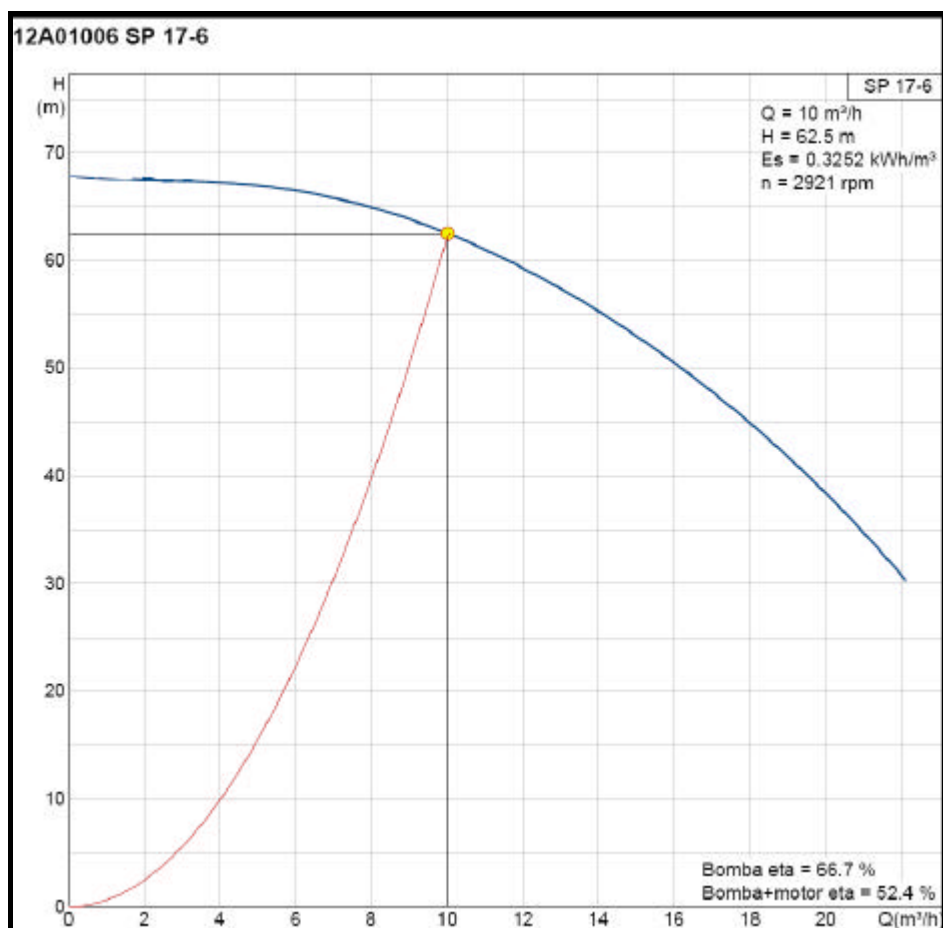


Figura D.2. Corba característica de la bomba seleccionada i punt de treball (cercle groc).

Font: Aplicació *online* per a la selecció de bombes a la pàgina web de Grundfos [35].

No és necessari considerar el coeficient NPSH de la bomba, ja que al estar submergida



sempre està en càrrega (amb aigua).

Selecció del recipient antiariet

Després d'estudiar si és necessari equipar el sistema amb un recipient antiariet o no, s'arriba a la conclusió que per les condicions de treball i característiques de la instal·lació, l'antiariet no és necessari.

Per prendre aquesta decisió s'ha calculat el recipient antiariet necessari pels casos de:

- Tancament de vàlvula
- Aturada de comba

a) Tancament de vàlvula

Pel càlcul aproximat del volum d'un acumulador destinat a esmorteir el cop d'ariet a una instal·lació de bombeig, s'utilitzen les expressions [36]:

$$V_0 = W \cdot L \cdot Q^2 / (D^2 (H + H_a)) \quad (\text{eq. D.10})$$

$$a = H_{max} + H / (H + H_a) \quad (\text{eq. D.11})$$

$$p_0 = 0,9 \cdot \rho \cdot g (H + H_a) \quad (\text{eq. D.12})$$

| | | |
|-----|------------|---|
| On: | V_0 : | Volum total de l'acumulador [m ³] |
| | W : | terme funció de a (calculat mitjançant figura H.3 de [36]) |
| | L : | Longitud de la canonada [m] |
| | Q : | Cabal [m ³ /s] |
| | D : | Diàmetre de la canonada [m] |
| | H : | Alçada manomètrica [m] |
| | H_a : | Pressió atmosfèrica [m.c.a.] |
| | ρ_0 : | Pressió d'inflat de l'acumulador [Pa] |
| | a : | coeficient de sobrepressió admesa |
| | r : | densitat de l'aigua ($r_{10^\circ\text{C}}=999,7 \text{ kg/m}^3$) |
| | g : | coeficient de la gravetat (9,81 m/s ²) |



Treballant amb els valors de $Q = 10/3600 \text{ m}^3/\text{s}$, $D = 50 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $H = 62,85 \text{ m}$ i $L = 120 \text{ m}$, i admetent una sobrepressió de $a = 1,5$ que dona un $W = 0,23$, tenim que aplicant l'eq. D.10 i l'eq. D.11, es necessita un recipient de:

$$V_0 = 1,169 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \quad i \quad p_0 = 643192,65 \text{ Pa} = 6,4319 \text{ bar}$$

Donat el volum tan petit que ha sortit al càlcul, afegit al fet que els equips seleccionats i les canonades presenten PN 10 (trenquen a 2,5 vegades, és a dir, a 25 bars), es considera innecessari instal·lar un recipient antiariet.

b) Aturada de bomba

En aquest cas es considera l'efecte d'una aturada de la bomba. D'acord amb [37] i [36], i per les dades del nostre problema, es planteja el següent model de càlcul:

$$T^* = 2 \cdot L / a \quad (\text{eq. D.13})$$

$$T_m = C + K \cdot L \cdot v / (g \cdot H) \quad (\text{eq. D.14})$$

$$H_j = a \cdot v / g \quad (\text{eq. D.15})$$

- On:
- T^* : Temps de tancament crític [s]
 - L : Longitud de la canonada [m]
 - a : Velocitat de propagació de l'ona de pressió [m/s]
 - T_m : Temps d'interrupció del cabal per parada de bomba [m]
 - C : Terme a obtenir a partir de H i L a Figura H.2 de [36] [s]
 - K : Terme a obtenir a partir de L a Figura H.2 de [36]
 - v : Velocitat del fluid [m/s]
 - H_j : Alçada de Joukowski [m]
 - D : Diàmetre de la canonada [m]
 - g : coeficient de la gravetat ($9,81 \text{ m/s}^2$)



Es pren $a = 1.000 \text{ m/s}$.

D'aplicar l'eq. D.13 s'obté $T^* = 0,24 \text{ s}$. La pressió màxima que el cop d'ariet pot provocar a la conducció té lloc quan el temps de tancament de la vàlvula, en aquest cas s'utilitza per al cas d'aturada de la bomba, és menor o igual a $T^* = 0,24 \text{ s}$.

De l'eq. D.14, obtenim que el temps d'aturada aproximat de la bomba per al càlcul de l'antiariet és de $T_m = 0,61 \text{ s}$. Aquest valor és superior al temps crític.

Un cop hem calculat el temps crític per considerar l'aturada com instantània i amb el valor màxim de pressió del cop d'ariet, i el temps d'aturada aproximat de la bomba, es calcula l'alçada de Joukowsky (eq. D.15).

L'alçada de Joukowsky és l'increment de pressió que resultaria si un líquid que circula per una canonada amb una velocitat v fos detingut instantàniament. Aquesta alçada dóna $H_J = \pm 144,21 \text{ m}$. El doble signe indica la depressió i la sobrepressió que es produeix amb l'anada i tornada de l'ona de pressió.

Així, es té que si es tanca instantàniament, temps menor o igual al temps crític $T^* = 0,24 \text{ s}$, l'increment de pressió serà de l'ordre de $\pm 144,21 \text{ m}$.

Ara es calcula la longitud que hauria de tenir el sistema considerant que el temps aproximat de tancament de la bomba calculat $T_m = 0,61 \text{ s}$ és crític. Això permetrà realitzar una proporció o *regla de tres* amb el valor de l'alçada de Joukowsky. S'aplica l'eq. D. 13, amb el $T^* = T_m = 0,61 \text{ s}$. S'obté una longitud de 345 m .

Fent la *regla de tres*:

Si per $L = 305 \text{ m}$ (longitud per a considerar el tancament instantani) es té $H_J = \pm 144,21 \text{ m}$, per $L = 120 \text{ m}$ (valor real) s'estima un increment de pressió de $\pm 56,74 \text{ m}$.

Com la bomba dóna $62,85 \text{ m}$, a l'aturar-se primer es crea una depressió (signe menys) i la pressió és de $6,11 \text{ m}$. Després, l'ona de pressió torna i es crea una sobrepressió de $119,60 \text{ m}$. El valor més crític correspon als $119,60 \text{ m}$, que aproximadament corresponen a uns 12 bars , pressió assumible pel PN 10.

Es considera que **no cal instal·lar cap recipient antiariet**, ja que el propi sistema pot absorbir les sobrepressions i depressions que es produeixin.





E. Selecció dels elements del sistema

En aquest annex es defineixen les característiques dels equips i elements seleccionats, a mode d'exercici, per al present projecte.

A continuació es presenta la selecció dels equips i la taula de característiques.

Bomba submergible: Es selecciona la bomba SP 17-6 de la casa *GRUNDFOS*. La potència consumida per aquest equip és de 3,55 kW. El motor de la bomba està situat a la part inferior d'aquesta i sempre està refrigerat amb l'aigua que l'envolta. Per dades del punt de treball veure l'apartat D.4 dels annexos. La bomba té una longitud entre extrems de 1190 mm, un diàmetre de 131 mm, pesa 33 kg i ocupa un volum de 0,03 m³.

La bomba submergible disposa de:

- Vàlvula antiretorn per evitar el retorn del flux quan s'atura la bomba.
- Camisa exterior per a la protecció de la bomba i filtre per a impedir l'entrada d'elements superior a una mida seleccionada. Es selecciona el filtre de l'ordre de mm.
- Sistema de protecció electrònic per protegir el grup motor-bomba. Si es supera un dels límits de protecció, el relé es dispara i deté el motor. La protecció serveix per evitar problemes de sobre carga/baixa carga, de alt voltatge/baix voltatge i de temperatura del motor, entre altres. Aquest equip permet monitoritzar l'encesa i aturada de la bomba.

Manòmetre electrònic: Es selecciona el model *S-10 / ECOTRONIC* de la marca *WIKA*. Aquest transmissor de pressió té una sortida analògica que entra al dispositiu de telecontrol. El rang de mesura es selecciona de 0 a 15 bar.

Manòmetres de rellotge: Es selecciona el model *212.20* de la marca *WIKA*. El rang de mesura es selecciona de 0 a 15 bar.

Filtre: Es selecciona el model *72 Simplex Basket Strainer* de la marca *Eaton*. Es selecciona amb una malla de filtratge de partícules de 68 µm. El filtre és de cistella, de fàcil neteja ja que aquesta es pot extreure. La pèrdua de carrega del filtre seleccionat és de 0,05 bar segons catàleg, per 10 m³/h, malla de 68 µm (200 mesh) i connexió 2" (acoblable amb DN-50).

Equip de desinfecció per radiació UV: Es selecciona l'equip *LBX 10* de la marca *WEDECO ITT*, amb sistema de neteja automàtica. Pot treballar amb cabals de fins a 12 m³/h. La connexió amb la conducció és DN-50, adient amb el conjunt del sistema, i pot



treballar fins PN-10. Les seves dimensions són (longitud x alçada x ample) de 1.200 x 340 x 220 mm. La potència consumida per aquest equip és de 0,30 kW.

Vàlvules de papallona: Es selecciona la vàlvula de papallona amb muntatge tipus wafer entre brides DIN PN-10. Amb el cos de fundició GG-25, el disc papallona de ferro/acer inoxidable i l'eix d'acer inoxidable. Té un pes de 2,5 kg.

Vàlvula de papallona motoritzada: Es selecciona la vàlvula de papallona *Vamein N/N/EPDM* amb actuator elèctric J+J. La vàlvula és tipus wafer PN-10. Té un pes de 5,5 kg.

Comptador a polsos (cabalímetre): Es selecciona el *model 222* del comptador *Woltmann WP-MFD*, amb polsos *REED model 570*. Pressió màxima de treball 16 bar. Comptador encapsulat de vidre/coure, protecció IP 68. Disposa d'un coixinet de plàstic per evitar el desgast. Disposa d'una sortida digital (emet 1 pols cada 0,1 m³). La pèrdua de càrrega per un cabal de 10 m³/h i conducció de DN-50 correspon aproximadament a 0,01 bar, segons catàleg.

Sistema de control: Per implementar el sistema de control, s'ha seleccionat l'equip *Hermes TCR-120* de la marca *Microcom Sistemas Modulares S:L*. Està equipat amb una bateria de plom recarregable amb sortida a 12V per alimentar l'equip. L'equip disposa d'una antena GSM bibanda amb base magnètica. L'antena es situarà a la instal·lació tal que pugui transmetre correctament la informació fins l'estació de control.

Es selecciona la versió TCR 120-3, amb 8 entrades digitals (4 optoacobrades i 4 no aïllades), 4 entrades analògiques (2 optoacobrades i 2 no aïllades, per bucle 4/20 mA) i 4 sortides digitals per relé de 5 A lliure de potencial. El port de comunicació per configuració de l'equip és RS232.

L'aparell és un equip de telecontrol via GSM per entorns industrials, que permet controlar des d'un telèfon GSM i mitjançant el servei de missatges curts (SMS) les incidències en les instal·lacions remotes. Al generar-se una alarma en el equip monitoritzat, el TCR-120, envia un missatge curt amb el text descriptiu de l'alarma. L'equip és totalment configurable via SMS.

Colzes: Els colzes seran de 90°, i tal que s'instal·lin correctament a les canonades que uneix.

Canonades: Les característiques de les canonades seleccionades per cada tram apareixen a l'apartat 7.5.1 de la Memòria.



F. Consulta a l'Agència Catalana de l'Aigua

A continuació s'adjunta la resposta de l'Agència Catalana de l'Aigua a la consulta realitzada via correu electrònic sobre quines consideracions s'han de tenir presents per al càlcul del preu de l'aigua en el cas d'un aprofitament, per part d'un ajuntament, d'aigües subterrànies per al reg d'un parc o neteja de carrers. Considerant que la concessió tramitada i aprovada per l'Agència Catalana de l'Aigua sigui la Concessió H0330.

Resposta:

En resposta a la seva sol·licitud d'informació en relació amb els costos de l'aigua procedent de fonts pròpies o xarxa de subministrament per a reg d'un parc i neteja de carrers per part d'un ens local, us fem avinent el següent:

1. Primer de tot, cal assenyalar que el subministrament d'aigua és una competència municipal d'acord amb l'article 25.2 de la Llei 7/1985, de 2 d'abril, Reguladora de les Bases de Règim Local, i que resta sotmès al pagament d'un preu final que inclou una tarifa, a mode de contraprestació del servei de subministrament, així com, si escau, altres conceptes, com ara taxes o contribucions especials que consideri procedent aplicar l'ens local en l'àmbit de la seva competència municipal d'abastament.

D'altra banda, el cànon de l'aigua esdevé un impost autonòmic amb finalitat ecològica, destinat a la prevenció de la contaminació i la recuperació i manteniment dels cabals ecològics, així com a l'assoliment d'altres objectius relacionats amb l'ús sostenible de l'aigua. L'Agència Catalana de l'Aigua, en tant administració hidràulica de la Generalitat de Catalunya que exerceix les competències de la Generalitat de Catalunya, és la competent per a gestionar, recaptar i liquidar el cànon de l'aigua, el qual afecta tant a l'ús de l'aigua facilitada per entitat subministradora com a la procedent de fonts pròpies, per tal d'administrar-ho, junt amb els altres recursos econòmics d'aquest organisme, per a la consecució i execució de les competències ambientals que té encomanades.

Dit l'anterior, l'exacció del cànon de l'aigua, de caràcter autonòmic, resulta compatible amb les tarifes, contribucions especials i taxes que graven el subministrament d'aigua per part dels ens locals.

2. El règim fiscal de l'aigua a Catalunya es troba regulat al Títol VI del Decret Legislatiu 3/2003, de 4 de novembre, pel qual s'aprova el Text refós de la legislació en matèria d'aigües de Catalunya (en endavant TRLMAC).

L'ús de l'aigua facilitada per una entitat subministradora o la procedent de captacions



d'aigües superficials, subterrànies o aigües pluvials, i la contaminació que el seu abocament al medi pot produir, resta sotmès al pagament del cànon de l'aigua, impost amb finalitat ecològica.

No obstant, l'anterior, el Text refós, i concretament, l'article 64.2, preveu un seguit de supòsits exempts de pagament d'aquest cànon per considerar-los d'especial interès des del punt de vista mediambiental o social. Així doncs, entre els diferents supòsits, la lletra c reconeix l'exempció del tribut als consums *“destinats a la prestació gratuïta, per part de les administracions que en siguin titulars, dels serveis d'alimentació de fonts públiques, parcs, jardins i camps esportius públics...”*

Conseqüentment, el preu de l'aigua consumida per un ajuntament i destinada a reg d'un parc i possible neteja de carrers, independentment de la procedència de l'aigua (xarxa de subministrament o fonts pròpies), no resulta incrementat pel cànon de l'aigua atesa l'exempció prevista a la llei.

3. En el supòsit d'aigua proveïda per una entitat subministradora mitjançant una xarxa pública o privada, el preu final de l'aigua consumida per un ajuntament per a reg d'un parc i/o carrers correspondria a la tarifa a aplicar per l'entitat subministradora, prèviament aprovada per l'ajuntament, i demés conceptes mencionats a l'ordinal primer d'aquest escrit.

A més, per considerar la totalitat dels costos del cicle de l'aigua, caldria tenir en compte la resta de conceptes determinats en la pòlissa/contracte de subministrament que signarien ambdues parts, és a dir, l'ajuntament en qüestió com a usuari i l'entitat subministradora. En qualsevol cas, aquest possibles conceptes, com ara, a mode d'exemple, el manteniment dels comptadors volumètrics, pertanyen exclusivament a l'àmbit privat.

4. En relació amb el preu final de l'aigua procedent de fonts pròpies, aquest esdevé 0 atesa l'exempció de pagament del cànon ja esmentada al segon paràgraf. Ara bé, com a obligació tributària no pecuniària, en tant que l'ajuntament és contribuent del cànon, malgrat estar exempt de pagament, aquest ha de presentar davant l'Agència Catalana de l'Aigua, dins els vint dies primers de cada trimestre i de manera ajustada al model B6, una declaració dels volums d'aigua consumits en el trimestre immediatament anterior, amb el consum mesurat amb qualsevol dels aparells de mesura acceptats i verificat per l'Agència Catalana de l'Aigua.



5. Pel que fa a possibles subvencions a les entitats locals, i des d'un punt de vista jurídic tributari, es considera que l'exempció del pagament recollida al TRLMAC esdevé, si més no, prou significativa com a mecanisme o línia d'ajuda a les administracions locals pel que fa al cànon de l'aigua per als usos consultats.

6. Altrament, atesa la consideració de la sol·licitud de concessió d'aigües del model H0330, la qual suposa l'inici d'un expedient administratiu, informem que la tramitació d'aquest resta sotmesa al pagament d'una taxa, en el moment de la resolució, recollida en els articles 385 i següents de la Llei 15/1997, de Taxes i preus públics de la Generalitat de Catalunya, depenent l'import de la quota del volum d'aigua que hagi estat sol·licitat.

Finalment, cal fer esment al Decret 84/2007, de 3 d'abril, d'adopció de mesures excepcionals i d'emergència en relació amb la utilització dels recursos hídrics, prorrogat fins al 31/12/2008 pel Decret 257/2007, de 27 de novembre, aprovats per la Generalitat per tal d'assegurar al màxim els usos de l'aigua per a l'abastament de la població davant l'escenari de sequera que pateix Catalunya
(http://mediambient.gencat.net/aca/ca/planificacio/sequera/gestio_sequera_2007/inici.jsp), concretament, l'article 13 que es refereix a la utilització municipal d'aigua potable per neteja de carrers, tenint en compte el nivell d'excepcionalitat de la conca que correspongui.



