

6. Instal·lacions dessaladores

6.1. Introducció

Una instal·lació dessaladora pot ser més o menys complexa depenen del grau de quantitat d'aigua a dessalar i el tipus d'aigua. Una de les instal·lacions més simples (*Fig.21*) seria aquella que utilitza un conjunt de membranes amb l'ajut d'una bomba per subministrar la pressió necessària com ho són les d'us domèstic. En aquest cas, la bomba és imprescindible si la pressió és ($<4\text{Kg/cm}^2$, aproximadament 4 atm).



Fig.21 Esquema de la instal·lació més simple

Un nivell més complex, depenen de la quantitat d'aigua a tractar, seria el d'una osmotitzadora portable en camions contenidors amb pretractaments amb filtres i equips de dosificació de reactius (*Fig.22*).

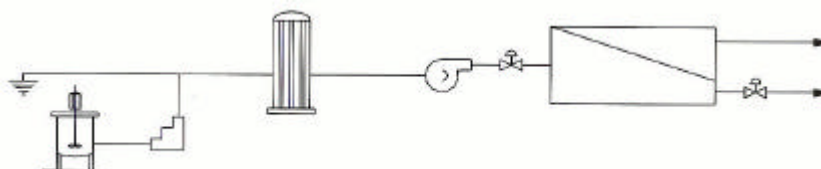


Fig.22 Esquema de la instal·lació amb filtres i dosificació

Però, encara no es pot parlar d'una osmotitzadora completa amb totes les fases. El més semblant a una planta dessaladora d'osmosi inversa per aigua de mar o aigua salobre és la té els elements representats en l'esquema següent (*Fig.23*).

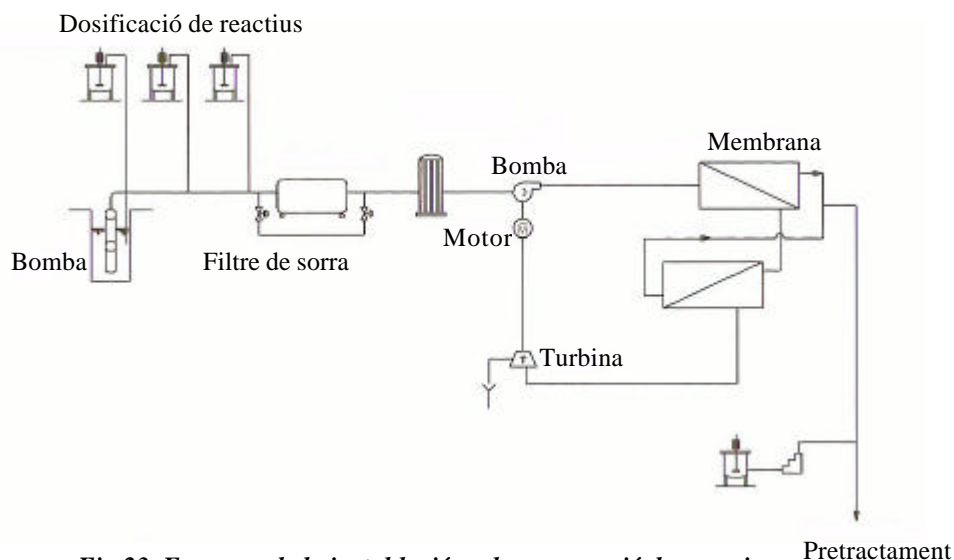


Fig.23. Esquema de la instal·lació amb recuperació de energia

En aquestes instal·lacions podem trobar quatre parts característiques de la planta:

- Captació o presa d'aigua
- Pretractament físico-químic
- Procés d'osmosi inversa
- Post-tractament

6.2 Presa d'aigua

Tota instal·lació d'aigües osmotitzades a de tenir la seva toma d'aigua, però no sempre totes són iguals. Aquesta toma d'aigua és l'encarregada d'alimentar tota la planta, per això és una de les primeres parts d'una planta. Hi ha diferents tipus de tomes d'aigües, podem parlar de "Oberta o superficial" i "Tancades o a través de pous".

- **Presa tancada**

Quan parlem de presa d'aigua tancada podem associar-la a aigües subterrànies. Unes de les preses tancades més comuns són las de pous. L'altre tipus d'aigües tancades és la de mar, però aquesta té un inconvenient, és la que pot ser més cara a l'hora de fer la construcció però a la vegada és més beneficiada per al consum per la seva quantitat de producció. Dintre de les tomes d'aigües de mar hi podem trobar dos tipus, les de cantàra de captació i cantàra de sondes verticals (*Fig.24*). La de sondes verticals són millors ja que al ser més profundes, es pot filtrar millor l'aigua

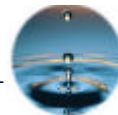


Fig.24. Cantàra de captació i Cantàra de sondes verticals.

- **Toma d'aigües obertes**

Es construeixen preses d'aigües obertes quan hi ha dificultats en el terreny i quan és l'aigua és de millor qualitat. Hi ha dos tipus, la de presa en canal i la Jety. La de canal té millor qualitat d'aigua perquè la canonada està més allunyada de la costa i té una canonada de cloració, en canvi la Jety està més propera a la costa i per tant l'aigua té pitjors qualitats (*Fig.25*)

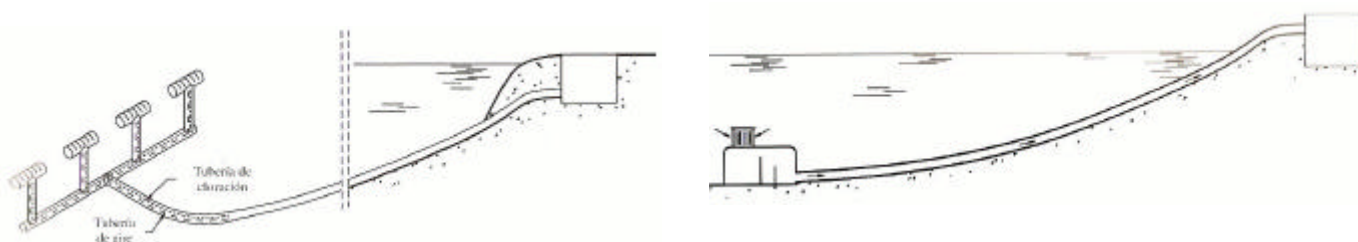
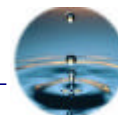


Fig.24 Preses en canal i Jety, respectivament



6.2. Pretractaments físics

- **Filtres de sorra**

Els filtres de sorra s'utilitzen en les instal·lacions dessaladores i són generalment de pressió, depenent de la quantitat d'aigua a dessalar. Aquest està contingut en llocs obert o tancats.

- Els dipòsits són **cíclics**, disposats *horitzontalment* o *verticalment* (Fig.26) amb un material capaç de filtrar la sorra. En aquest dipòsits, l'aigua passa en sentit vertical pel primer filtre i segueix el seu transcurs vertical arribant a unes capes filtrants que retenen els materials sòlids i algues. Després un col·lector agafa tota l'aigua que ha passat per aquest procés.



Fig.26 Dipòsits cíclics horitzontals i verticals

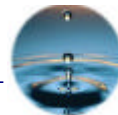
- Els filtres **oberts** té un canal lateral col·locat a la part superior per on entra l'aigua a tractar. En el fons del embassament és on es dipositen el fang i sorra restants de l'aigua.



En aquesta instal·lació hi ha uns *col·lectors d'alimentació* (Fig.27). dels filtres de sorra que es posen en funcionament quan hi ha una avaria o quan l'aigua del pou sigui d'excel·lent qualitat i no fa falta passar l'aigua pels filtres oberts.



Fig.27. Col·lectors d'alimentació



- **Filtres de precapa**

Són filtres que per la seva utilització es necessita una tècnica especial, fent el seu cost molt més elevat. Hi ha dos tipus de filtres de **precapa** (Fig.28), **oberts** i **tancats**, els dos són reforços per al tractament de l'aigua.

Els filtres de precapa **oberts** són de forma rectangular on d'amunt es col·loquen uns elements filtrants. I els filtres de precapa **tancats** són molts semblants als dels cartutxos, tenen un poder de retenció entre 5 i 10 micres. L'aigua tractada per aquests filtres és aspirada gràcies a una bomba d'absorció.

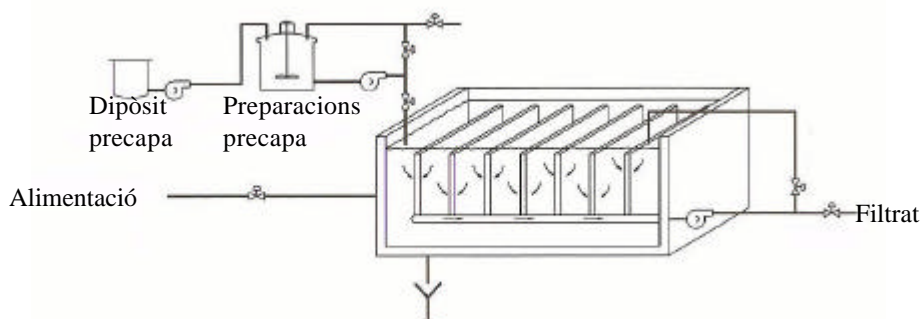
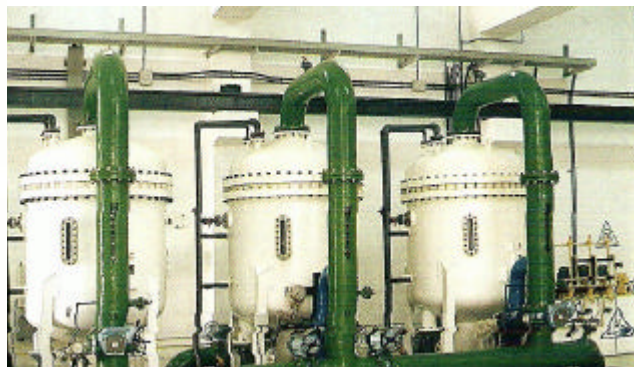
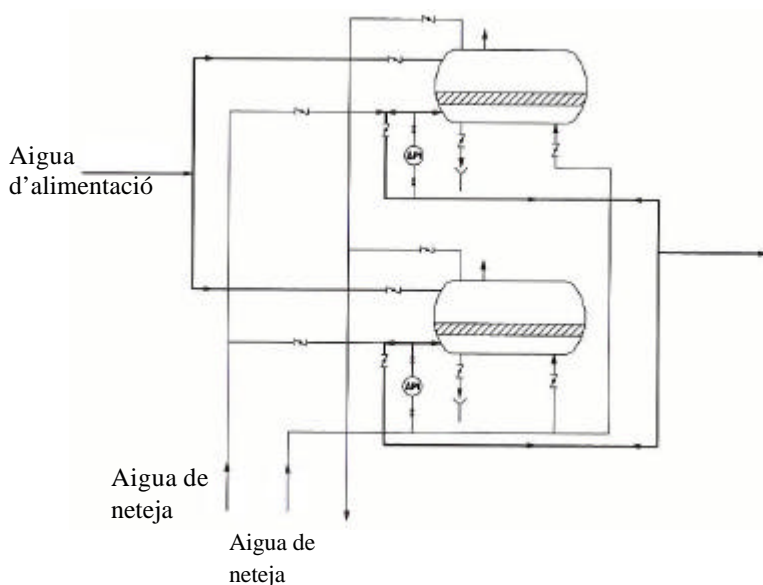


Fig.28. Filtres de precapa

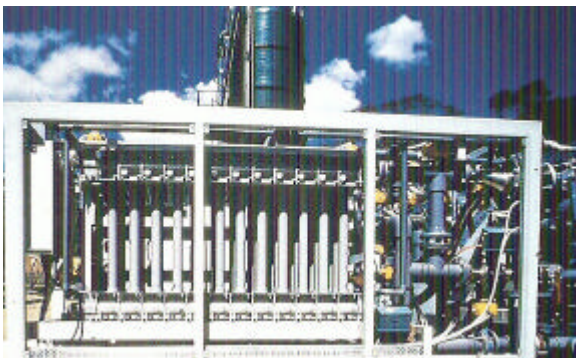
- **Filtres de cartutx**

Aquest filtres tenen un poder de retenció de sòlids amb un diàmetre mínim de 5 micres. Es tracten d'uns dipòsits metàl·lics, on l'aigua a tractar passa pel fil de polipropilè on els sòlids es separen.





- **Microfiltració**



Podem dir que és el procés més eficaç per els tractaments d'aigües. Les microfiltracions les fa una membrana molt selectiva que separa partícules de 0,1 micres. La membrana està feta per un feix de fibres buides de 2mm de diàmetre. Aquests procés necessita una

neteja continua, ja que quant més bruta estigui pitjor seria la producció de la planta, i per tant aquesta maquinària consta d'un sistema d'autorrentatge.

- **Ultrafiltració**

La ultrafiltració s'assembla a la microfiltració, solament canvia en que hi ha dos tipus de membranes distintes: **d'espiral i de fibra buida**.

Les membranes d'enrotllades en **espiral** són col·locades dins d'un tub de pressió, separant partícules sigui 0,01 micres.

I les de fibra **buida** estan situades en l'interior d'un recipient on el flux de la filtració és al inrevés de les membranes de microfiltració, de dins cap a fora.

Aquestes membranes estan construïdes per PVDF o polisulfona que fan que siguin més resistents.



6.3. Pretractaments químics

- **Desinfecció**

Per portar a terme la desinfecció (*Fig.29*) de les aigües, s'utilitza hipoclorit sòdic, que és dipositat en uns tancs amb les seves bombes dosificadores corresponents. Depèn de la quantitat d'aigua a tractar, s'utilitzen una o dos bombes, aquestes bombes tenen que tenir uns filtres en la aspiració i unes vàlvules de seguretat en la impulsió que permetin el retrocés del líquid impulsat si en alguna circumstància hi ha una alteració en el funcionament. En aquestes instal·lacions de desinfecció hi ha d'haver una bomba de transvasament perquè el subministres dels reactius es realitzen des de camions cisterna.

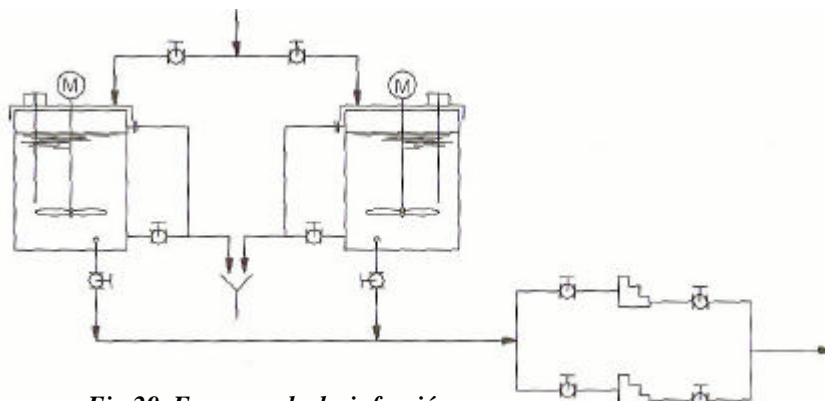


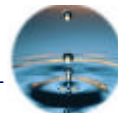
Fig.29. Esquema de desinfecció

- **Equip de regulació de pH**

L'àcid sulfúric utilitzat per la regulació del pH té una elevada concentració, del 96-98%. Això vol dir que estem tractant l'aigua amb un líquid corrosiu i altament perillós, per això s'ha de manipular amb molta cura. L'equip de regulació de pH (*Fig.30*) consta d'un dipòsit on tenim l'àcid, la seva aplicació es fa entre la toma d'aigua i els filtres. On està instal·lat aquest equip hi ha una ventilació de la sala per impedir la aspiració d'aire tòxic. Tot aquest equip està reforçat per Tefló en totes les juntes de les canonades, ja que és molt resistent a les altes temperatures que es produeixen al fer la dissolucions.



Fig.30. Regulador de pH



- **Dosificació de reductor**

S'utilitza el bisulfit o metabisulfit sòdic que es té que preparar mitjançant la dissolució en aigua. Aquesta dosificació (*Fig.31*) consisteix en dos dipòsits en paral·lel amb els seus corresponents agitadors, per poder fer la preparació. Quan ja tenim preparat el dosificador es filtra en el començament dels filtres de sorra i de cartutx i també en la sortida d'aquest.



Fig.31. Dosificació de reductor

- **Aplicació de estabilitzant**

Tota central d'aigües salobres han de tenir equips d'aplicació de inhibidors o antiincrustants (*Fig.32*). Això no vol dir que en una planta d'aigües de mar no hi hagi un equip d'aplicació d'aquest productes. Aquest equips consten de dos bidons on estan els productes, dins dels bidons hi ha unes varetes per agitar el producte. Aquest no pot estar sense regenerar-se més de 15 dies perquè pot perdre la seva eficàcia.

L'aplicació de antiincrustants que s'incorpora en la instal·lació abans dels filtres de sorra i dels filtres de cartutx, per fer més segura la desinfecció.

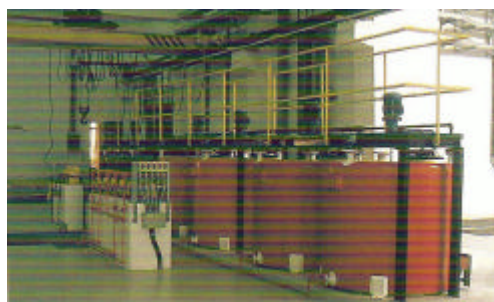
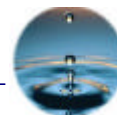


Fig.32. Aplicació de estabilitzant

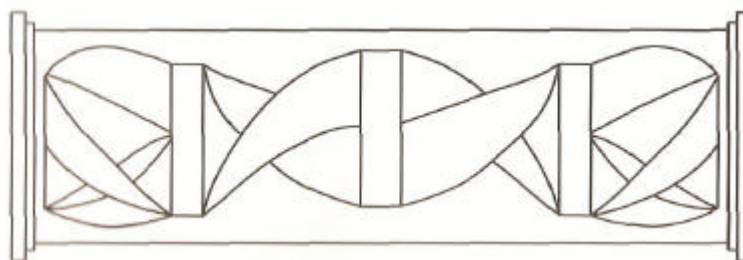


- **Sistemes de dilució**

Quan les instal·lació són de gran capacitat, els cabals dels reactius són molt petits en relació amb el cabal total de l'aigua a tractar. Per això el producte no s'injecta directament en el col·lector general, sinó que s'instal·la un circuit auxiliar de major diàmetre entre 2 a 2,5 polzades, on es fa circular l'aigua filtrada. En aquest circuit auxiliar s'injecta la dosificació de sulfúric i quan ja està tot ven barrejat s'incorpora tota l'aigua tractada en el col·lector principal.

- **Mescladors**

Provoquen un moviment turbulent en el flux de l'aigua, afavorint el transcurs i dissolent els reactius sòlids. En les instal·lacions petites la canonada sol tenir entre 1a 1,5 metres de longitud.



- **Agitadors**



Fig.33. Agitadors

Tenen la funció de dissoldre els reactius sòlids químics que es van dosificant en tot el transcurs del tractament de l'aigua. Els agitadors (*Fig.33*) consisteixen en varetes que es troben dins de l'aigua on, gràcies a un motor que té dues velocitats, pot moure tota l'aigua i dissoldre tots els reactius. Aquest agitadors es mouen per uns carrils horitzontals abastant tota la superfície de l'aigua i fent més eficaç la dissolució.



6.4. Col·lectors

Serveixen per transportar l'aigua des de el punt de captació fins als bastidors. Quan ja tenim l'aigua en els bastidors surten dos fluxos, un que va fins al dipòsit d'emmagatzemat i l'altre que és el producte de rebuig. Hi podem trobar en tot el procés de la planta col·lectors de baixa i alta pressió, mixtes i de sortida de baixa pressió.

6.5. Equips d'alta pressió

- **Bombes d'alta pressió**

Per tal de donar més pressió s'utilitzen bombes. Es poden distingir dos tipus, bombes de desplaçament positiu i bombes centrífugues.

En les bombes de desplaçament positiu hi podem trobar bombes de pistons (*Fig.34*) i helicoidals o de cargol (*Fig.35*).

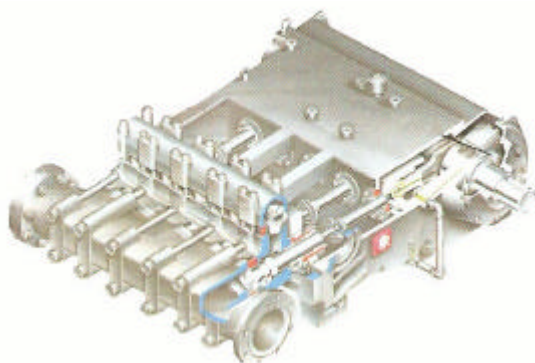


Fig.34. Bomba de pistons

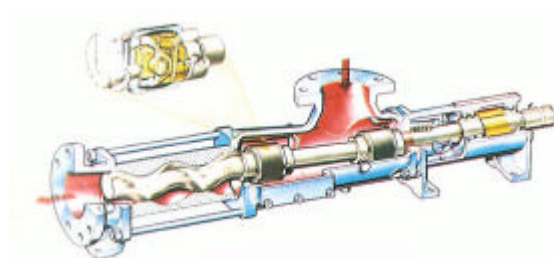


Fig.35. Bomba helicoidal

Y en les bombes centrífugues hi podem trobar simples, de doll (*Fig.36*), multietapa del tipus booster, multicel·lular de seguiments, multietapa de camera segmentada i vertical (*Fig.37*).

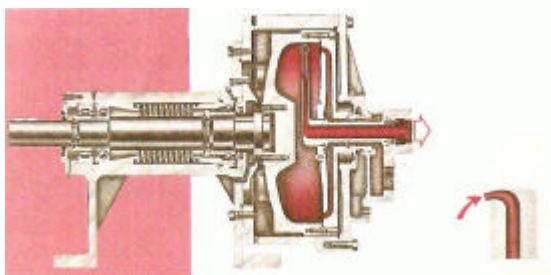


Fig.36. Bomba de doll

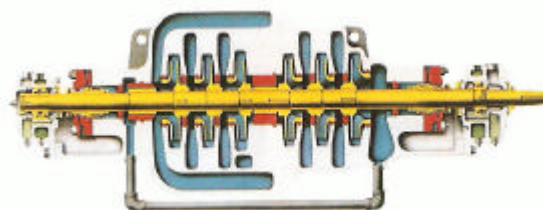
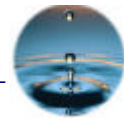


Fig.37. Bomba multietapa de camera segmentada



7. Viabilitat econòmica

Per tal de veure la viabilitat econòmica de la instal·lació d'una osmosi inversa domèstica hem fet una mitja del preu d'un litre d'aigua osmotitzada, tenint en compte el cost de l'aigua i el cost elèctric, i l'hem comparat amb un litre d'aigua embassada.

- Cost de l'aigua:

Si treballem amb aigües del Prat de Llobregat, que tenen una conductivitat aproximada de $2,56 \text{ mS/cm}$, s'aconsegueix 40 mL d'aigua osmotitzada, havent utilitzat 140 mL d'aigua d'aixeta, en 19 segons.

- Per tant, per obtenir 1L d'aigua osmotitzada s'ha d'utilitzar 3,5L d'aigua de l'aixeta

$40 \text{ ml d'aigua osmotitzada} \longrightarrow 140 \text{ ml d'aigua d'aixeta}$

$1000 \text{ ml d'aigua osmotitzada} \longrightarrow x \text{ ml d'aigua d'aixeta}$

$$x = 3500 \text{ ml} = 3,5 \text{ L d'aigua d'aixeta}$$

- Actualment, en el Prat, el preu aproximat de cada m^3 d'aigua es d'1,6 € És a dir, cada L d'aigua té un cost de $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ €}$:
Havent utilitzat 3,5 L d'aigua d'aixeta:

$$3,5 \text{ L d'aigua d'aixeta} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-3} \text{ €}}{1 \text{ L d'aigua d'aixeta}} = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ €}$$

- Cost elèctric:

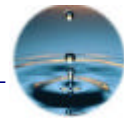
Per aconseguir 40 mL d'aigua osmotitzada triguem uns 19 s aproximadament:

$40 \text{ ml d'aigua osmotitzada} \longrightarrow 19 \text{ segons}$

$1000 \text{ ml d'aigua osmotitzada} \longrightarrow x \text{ segons}$

$$x = 475 \text{ segons} = 0,13 \text{ h}$$

Per obtenir doncs, un 1L d'aigua osmotitzada triguem 0,13 h. L'osmotitzadora domèstica que hem utilitzat treballa amb una potència de $1,84 \cdot 10^{-2} \text{ kw}$



Com que:

$$E = P \cdot t$$

$$E = 1,84 \cdot 10^{-2} \text{ kW} \cdot 0,13 \text{ h} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ kW} \cdot \text{h}$$

Com el preu actual del kW·h és, de mitjana, 0,137 €

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} \longrightarrow 0,137 \text{ €}$$

$$2,4 \cdot 10^{-3} \text{ kW} \cdot \text{h} \longrightarrow x \text{ €}$$

$$x = 3,33 \cdot 10^{-4} \text{ €/L d'aigua osmotitzada}$$

- **Cost total**

La suma aproximada del cost econòmic augmenta fins a:

$$\text{€}_{\text{electricitat}}/\text{L} + \text{€}_{\text{aigua}}/\text{L} = \text{€}_{\text{total}}/\text{L}$$

$$5,6 \cdot 10^{-3} \text{ €} + 3,33 \cdot 10^{-4} \text{ €} = 5,933 \cdot 10^{-4} \text{ €}$$

En resum, el **litre d'aigua osmotitzada** per a una osmotitzadora domèstica, a la nostra població, val **0,006€**

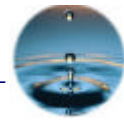


Comparant aquest preu amb el d'1 L d'aigua envasada, que és aproximadament de 0,25 € veiem que és quaranta-una vegades més barata que l'envasada.

Si al dia bevem una mitjana de 1,5 L per persona i per altres usos s'utilitza aproximadament uns 2L també diaris per habitatge, (com menjar...) i fent la mitjana, s'utilitza aproximadament **8 L diaris per a consum humà**.

Imatge del consum per càpita de l'aigua envasada.

Font: Beverage Marketing Corporation



Per aquest motiu, 8L diaris representen 240L mensuals i 2920 L anuals.

$$0,25 \times 8 = 2 \text{ €}$$

$$0,006 \times 8 = 0,048 \text{ €}$$

Diferència per dia: $2 - 0,048 = 1,952$ €diaris estalviats diàriament.

Sabent que el preu aproximat d'un aparell d'osmosis és de 400 € podem afirmar que en una mica més de mig any, ja hem amortitzat l'osmosi amb els diners estalviats diàriament. I, que encara, estalviarem molt més durant la resta d'anys que mantinguem la osmosi en bon estat.

Si comparem el preu de l'aigua de la nostra dessaladora domèstica, que és de $0,006\text{€L} = 6\text{€m}^3$, amb el preu previst per a les dessaladores que s'estan construint al Prat, $0,2\text{€m}^3$ per a la dessaladora d'aigua salobre de l'aquífer del Delta de Llobregat, i $0,6\text{€m}^3$ per a la gran dessaladora d'aigua de mar que la subministrarà a Barcelona (que està en fase de construcció a la vora de la desembocadura del riu Llobregat), veiem que és bastant superior.

Esperem que aquestes dessaladores siguin una bona inversió per l'aprofitament de l'aigua i l'augment de la seva qualitat, a un preu raonable.