

Annex 2

Condicions tècniques per a l'execució i l'abandonament de sondejos o pous

1.1. Materials permeables (agregats o àrids)	4
1.2. Materials impermeables o segelladors.....	4
1.2.1. Ciment	5
1.2.2. Bentonita	7
1.3. Col·locació del material segellant	8
1.3.1. Col·locació de segells pont	8
2.1. Mètode de construcció	9
2.1.1. Col·locació de les canonades	9
2.1.2. Tancament o boca de la captació	10
2.1.3. Desinfecció, comptador volumètric i compliment de prescripcions	11
2.2. Cimentació	12
2.2.1. Profunditat de cimentació	13
3.1. Consideracions generals.....	22
3.2. Tipus constructius de pous	23
3.2.1. Pous superficials o oberts	23
3.2.2. Pous perforats o sondejos	24
3.3. Tasques prèvies al condicionament definitiu	24
3.3.1. Caracterització del pou	24
3.3.2. Retirada d'elements aliens	25
3.3.3. Desinfecció	25
3.4. Operacions de clausura o segellament.....	26
3.4.1. Clausura temporal d'un pou.....	26
3.4.2. Clausura definitiva d'un pou.....	26
3.4.2.1. Clausura de pous superficials o d'aquífer únic	27
3.4.2.2. Clausura de pous d'aquífer multicapa	29
3.4.2.3. Clausura de pous en terrenys no consolidats.....	31
3.4.2.4. Clausura de pous en terrenys amb trencament lleu	33
3.4.2.5. Clausura de pous en terrenys molt fracturats o carstificats	33
3.4.2.6. Clausura de pous que brollen.....	34
3.4.2.7. Clausura de pous de naturalesa desconeguda	34
3.5. Informe final	36

Introducció

Per tal de garantir la protecció del domini públic hidràulic de qualsevol tipus de contaminació, i en virtut de l'article 35 de la Llei 8/2004, de 23 de desembre, de mesures tributàries i administratives, l'organisme de conca va elaborar el Decret 108/2005, de 21 d'octubre, que regula les condicions tècniques d'autoritzacions i concessions d'aigües subterrànies i d'execució i abandonament dels sondejos en l'àmbit de les Illes Balears. Tot i aquest Decret, a fi de protegir el domini públic hidràulic, es considera convenient concretar les condicions tècniques d'execució i abandonament de les captacions segons les característiques hidrogeològiques de cada captació.

Atès que és gairebé impossible detallar totes les situacions i els paràmetres que s'han d'aplicar en cada cas, cada circumstància concreta s'haurà d'analitzar en els corresponents estudis hidrogeològics preceptius mitjançant els mètodes de valoració adequats (GOD, IMPACT, REMSE, BOLSENKONTER, etc.). S'estableixen diverses situacions hidrogeològiques tipus que permeten agrupar els paràmetres que s'han d'aplicar en diversos rangs, sense perjudici de les normes que es puguin establir per a cada aquífer o zona de l'aquífer.

S'ha de considerar també que els pous són construccions que poden representar un risc físic per a les persones, sobretot quan tenen un gran diàmetre, com també un risc de contaminació de les aigües subterrànies, ja que són una via d'entrada preferent i ràpida per als contaminants des de la superfície del terreny fins a l'aquífer o poden posar en contacte dos aquífers amb qualitats químiques diferents. Així, les aigües de vessament superficial poden entrar directament per la canonada o per l'espai que hi ha entre la canonada i el terreny fins a la zona saturada d'aigua (aquífer), fet que impedeix que el procés de depuració natural que té lloc quan l'aigua s'infiltra a través del terreny sigui efectiu. D'altra banda, quan un pou està abandonat o en desús, solen desaparèixer els elements de protecció bàsics que l'envolten, cosa que incrementa el risc físic per a les persones i el risc de contaminació de l'aquífer.

Cal, per tant, prevenir tant els accidents com l'afecció a les aigües subterrànies, ja que aquestes constitueixen la font principal de subministrament públic d'aigua potable a les Illes Balears, i per extensió són el recurs hídric més sensible i important

de la Unió Europea, característica que remarca explícitament la Directiva 2006/118/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 12 de desembre de 2006, relativa a la protecció de les aigües subterrànies contra la contaminació i el deteriorament (coneguda com a Directiva filla de les aigües subterrànies).

Aquest annex s'estructura en dos apartats diferents. El primer es refereix a la construcció de pous, mentre que el segon es refereix a l'abandonament dels pous negatius o en desús. S'inclou també, a manera introductòria, un primer capítol en el qual es descriuen els materials que s'empren en la cimentació dels pous de nova creació i en l'abandonament de pous negatius o abandonats.

1. Materials de rebliment i segellament de pous

Per al farciment d'un pou o sondeig abandonat o negatiu o per a la cimentació de l'espai anular s'utilitzen bàsicament dos tipus de materials: materials permeables (que permeten que els travessi el flux d'aigua) i materials impermeables o segelladors (que no permeten que els travessi el flux d'aigua).

Generalment els pous abandonats es farceixen amb una combinació d'aquests dos tipus de materials, però cal estimar-ne la proporció en cada situació.

D'altra banda, per a la **cimentació** de l'espai anular que hi ha entre la canonada d'un sondeig i la roca només es poden utilitzar materials impermeables.

En tots els casos els materials utilitzats han de complir les condicions següents:

- Han de ser químicament inerts en contacte amb l'aigua subterrània o amb les formacions geològiques travessades i no han de presentar risc per a la salut dels operadors ni exigir mesures complexes durant la manipulació.
- Han de tenir un cost raonable.

D'altra banda, els materials que s'usen per al segellament de l'espai anular d'un pou de nova creació o que ja existeix han de complir les condicions següents:

- Han de ser de baixa permeabilitat per impedir el flux de l'aigua.

- S'han de poder col·locar dins de la canonada a l'espai anul·lar (espai entre la canonada i la paret del pou), cosa que requereix una mida de gra petit.
- Han de ser de fàcil preparació i col·locació en el pou, ja que sovint s'ha d'utilitzar una canonada de diàmetre petit.

Tanmateix, no cal que es compleixin totes les condicions. Segons el tipus de pou i aquífer s'aplicaran unes normes o unes altres.

1.1. Materials permeables (agregats o àrids)

Són els materials sòlids de farciment que serveixen per omplir el pou o la perforació i que alhora permeten el flux de l'aigua. Bàsicament són sorres, pedres o materials similars que s'utilitzen per omplir el pou en els trams on no hi ha requeriments especials. Aquests materials han de provenir de pedreres en actiu, encara que en casos degudament justificats es poden utilitzar materials que estiguin disponibles a la mateixa finca on s'ubica el pou. En tots els casos han de ser materials lliures de contaminants i químicament inerts en contacte amb l'aigua subterrània.

En les zones del pou on interessa mantenir un flux d'aigua o quan el volum requerit per omplir el pou és molt gran no sol ser recomanable utilitzar exclusivament materials segelladors (ciment o bentonita). En aquests casos, s'han d'utilitzar materials específics per aïllar certs trams concrets de la perforació, i omplir la resta de la perforació amb agregats o àrids.

Els agregats han d'estar nets, sense contaminants i han de ser d'una mida apropiada per minimitzar els embussos o la formació de ponts durant la col·locació. El diàmetre de partícula dels agregats no ha de ser major que la quarta part del diàmetre del pou pel qual han de passar durant la col·locació. Com que usualment els agregats s'aboquen des de la superfície del pou, s'ha de tenir cura durant aquesta operació per prevenir la formació d'embussos o ponts dins del pou. Això exigeix comprovar el progrés de l'operació amb mesuraments freqüents de la profunditat.

1.2. Materials impermeables o segelladors

Els materials impermeables o segelladors consisteixen en una combinació o barreja de ciment Portland i argila bentonita o, per a certes operacions, formigó. Aquests materials són els que s'han d'usar en la clausura de pous i en la cimentació de l'espai anular de la part superior d'un pou de nova construcció ja que són una barrera de protecció de l'aigua. Així, els materials impermeables impedeixen la migració de l'aigua a través del pou, de l'espai anular o de les fractures i obertures adjacents al forat del pou.

La barreja s'ha de formular per minimitzar l'encongiment i assegurar la compatibilitat amb les característiques químiques de l'aigua. Per col·locar la pasta segellant al pou, generalment és necessari utilitzar una bomba de cimentació i una canonada auxiliar. Aquest mètode provoca el desplaçament positiu de l'aigua en el pou (ascens) i minimitza la dilució o separació de la pasta cimentant. En l'operació de clausura de pous s'ha de tenir en compte que cal esperar el temps d'enduriment suficient del segell abans d'afegir-hi agregats. Per injectar la pasta segellant amb facilitat a l'espai anular de la captació, es recomana que la densitat del material sigui d'1,9 g/cm³.

1.2.1. Ciment

El ciment és un aglomerant hidràulic obtingut per cocció i mòlta posterior, d'una barreja de pedra calcària i argila, en proporcions de 3 a 1. Quan el ciment es barreja amb aigua se succeeixen diverses reaccions químiques que porten a l'enduriment. Durant aquest procés s'allibera calor, que pot afectar les canonades de PVC i provocar una pèrdua d'adhesió entre la canonada i el segell de ciment. El comportament del ciment depèn de la qualitat de l'aigua de la preparació i de la del pou.

Està documentat l'efecte negatiu de greixos, olis, sucres i àcids en l'efectivitat del ciment. Per tant, cal tenir especial cura amb la qualitat de l'aigua amb què es prepara el ciment, i també amb la de l'aigua del pou amb la qual entrarà en contacte.

En l'àmbit internacional, els requeriments especificats a la norma ASTM C150 Standard Specifications for Portland Cement, o la norma API 10B, reflecteixen les

característiques que ha de tenir el ciment per a les mescles segellants. A Espanya, es poden tenir en compte aquestes normes o les corresponents de les normes AENOR.

Hi ha diverses consideracions que cal tenir en compte:

- L'emulsió de ciment pur és especial per segellar obertures petites, penetrar l'espai anular buit per fora de la canonada i omplir espais a la roca circumdant. Té alguns desavantatges, com l'encongiment després de l'enduriment i la possible formació de microfissures en el contacte amb la canonada. Quan es prepara amb proporcions majors d'aigua, disminueix la resistència a la compressió i augmenta la retracció. Per això, si bé una fluïdesa més alta del preparat té l'avantatge d'una major facilitat d'injecció, no és recomanable utilitzar més de 20 litres d'aigua per cada 50 kg de ciment.

En general es preferible la pasta de ciment al formigó perquè evita el problema de la separació entre els agregats i el ciment.

- L'emulsió de formigó consisteix en una barreja de ciment, sorra i aigua. L'agregat de sorra produeix un menor encongiment o retracció i una major adherència a l'encamisat i a la paret del pou. Així mateix, la presència de la sorra afavoreix el tapament dels espais intergranulars de formacions permeables. Aquestes emulsions generalment s'utilitzen com a farcit de la part superior del pou per sobre de la zona amb aigua per connectar seccions curtes de la canonada, o per omplir pous de gran diàmetre. També són especialment recomanables per segellar pous que brollen o pous d'aigua amb zones cavernoses. El morter únicament es pot abocar al pou si no hi ha una columna d'aigua; en el cas contrari, s'ha d'injectar des del fons cap amunt amb una canonada.

Les emulsions de formigó creen un segellament més fort que el ciment pur, però no penetren tan bé a les fissures, esquerdes i intersticis, i no s'haurien de col·locar sota el nivell de l'aigua, llevat que s'utilitzi una bomba de llots i una canonada auxiliar per injectar-la.

- Els additius com la bentonita es poden utilitzar per mantenir les partícules de ciment en suspensió, reduir la retracció i millorar la fluïdesa, però cal tenir

present que la proporció de bentonita ha de ser d'un 2 a un 6%. És recomanable barrejar primer la bentonita amb l'aigua i després afegir-hi el ciment. Pel que fa als additius per a les barreges amb el ciment Portland, es recomanen les especificacions internacionals de la norma ASTM C494 Standard Specifications from Chemical Admixtures for Concrete o l'API RP 10B. A Espanya es poden tenir en compte aquestes o les normes AENOR corresponents.

1.2.2. Bentonita

La bentonita és una argila montmoril·lonítica que augmenta de volum (fins a deu vegades) en contacte amb l'aigua, i roman en suspensió durant períodes de temps llargs. Dóna lloc a una suspensió de baixa densitat i alta viscositat. La pasta de bentonita s'asseca més ràpidament i s'adhereix millor al terra i la canonada.

La bentonita es pot presentar de diverses maneres:

- Bentonita en pols. La barreja de bentonita en pols amb aigua en una proporció de 15 % a 20 % en pes és fàcilment manejable i genera un segellament adequat. Convé fer la barreja amb una formigonera, per a una millor emulsió, i col·locar la barreja en el pou mitjançant injecció per canonada i bomba de llocs des del fons cap a la superfície, acabant en les proximitats de la boca del pou amb un tap de ciment o bentonita granulada.
- Bentonita fracturada. Té una menor relació àrea/massa que la bentonita en pols; per això presenta una hidratació més lenta i una menor dilatació. Això pot ser útil a l'hora de ser bombada cap al fons del pou. La barreja ha de ser suau, utilitzant pales, i s'ha de preparar amb una quantitat de 220 a 300 litres d'aigua per cada 40 quilograms de bentonita. La màxima viscositat de la pasta de bentonita que pot ser bombada és la formada per la barreja de 300 litres d'aigua per cada 40 quilograms de bentonita. Aquest màxim de concentració pot produir un encongiment de fins a un 25 %. No hi ha encongiment en les barreges de 220 litres d'aigua per cada 40 quilograms de bentonita.
- Bentonita granulada. Quan la bentonita és en forma de gra o pèl·let, es pot abocar directament sense afegir-hi aigua des de la boca del pou, no cal injectar-

la des del fons. Cal evitar que es formin ponts al llarg de la columna, respectant les velocitats d'abocament recomanades pel fabricant i introduint-hi periòdicament una eina que trenqui els possibles ponts que s'hagin format.

1.3. Col·locació del material segellant

Quan es fa un segellament amb material cimentant o s'ha d'omplir l'espai anular d'un pou, la barreja s'ha d'injectar a pressió per assegurar que s'omple la perforació i que penetra en el terreny circumdant com a mínim una polzada a partir del diàmetre exterior del forat. La injecció s'ha de fer amb una canonada auxiliar des del fons cap amunt, de manera contínua i sense interrupcions, per evitar la formació de ponts i la dilució de la mescla, especialment quan s'està injectant per sota del nivell estàtic. La barreja de la sorra o l'argila amb el ciment ha de ser prèvia a la col·locació, sense deixar-la reposar massa temps per evitar un enduriment anticipat en la superfície.

Quan es vulgui fer un segellament amb bentonita granulada, aquesta s'ha d'abocar lentament, i l'operació s'ha d'aturar cada 20 kg d'argila per mesurar el fons i comprovar que no s'hagin generat ponts. En aquest cas és necessari introduir-hi alguna eina de pes que els trenqui. Quan s'ompli amb bentonita granulada per sobre del nivell estàtic de l'aigua, s'ha d'abocar aigua almenys cada 1,5 metres d'ascens del nivell del farciment per facilitar que la bentonita s'expandeixi en la forma adequada.

1.3.1. Col·locació de segells pont

Els segells pont (*packers*, en anglès) són obturadors expansibles pneumàtics o mecànics, generalment fets d'un material expansible, com alumini, fusta, goma o neoprè, que permeten col·locar un tap a una alçada determinada per tal d'aïllar trams del pou. Possibiliten, per exemple, l'addició d'agregats a sobre.

Un segell pont es pot utilitzar per aïllar zones fracturades, cavernoses, o per aïllar dues zones productores en el pou. A més, ofereix la integritat estructural necessària per suportar materials a sobre (i, per tant, protegeix els agregats o segelladors subjacents de forces de compressió excessives).

2. Condicions tècniques mínimes d'execució de sondejos

Per tal de protegir el domini públic hidràulic subterrani de qualsevol tipus de contaminació, l'execució de sondejos de captació d'aigües subterrànies s'ha d'ajustar a unes condicions tècniques mínimes. Aquestes es refereixen bàsicament al mètode de construcció (descens de les canonades de revestiment, tancament o boca de la captació, etc.) i, en especial, a la cimentació de l'espai anular.

2.1. Mètode de construcció

Pel que fa als materials que s'han d'utilitzar i a les tècniques de construcció de pous, s'han de seguir uns criteris que ajuden a garantir la durabilitat de la protecció del domini públic hidràulic.

- Quan les canonades siguin de tubs de xapa naval, aquests han de tenir un mínim de 4 mm de gruix.
- En la col·locació de la canonada és necessari utilitzar com a mínim un centrador a 120 ° cada 12 metres.
- Per garantir l'eficàcia de les operacions de cimentació, les desviacions de la vertical de les perforacions no poden ser superiors a 1 ° per cada 50 metres de perforació (1 °/50 m).
- Quan s'instal·lin els equips d'extracció (bombes) i els accessoris (canonada d'impulsió, tub piezomètric, cables, etc.), el promotor de l'obra ha de garantir que es prenen les mesures necessàries per garantir-ne l'estanquitat.

2.1.1. Col·locació de les canonades

Les canonades de qualsevol pou o sondeig s'han de col·locar de manera que no hi quedin forats. En aquest sentit es recomana utilitzar canonades que puguin unir-se mitjançant una rosca sempre que sigui possible.

En el cas que es baixin les canonades de revestiment pel mètode de la barra i perforacions, és estrictament necessari que les perforacions se segellin novament amb soldadura contínua, una vegada col·locat cada tram.

En els sondejos telescòpics, en què hi ha una disminució del diàmetre en profunditat, les canonades de diàmetre diferent es poden col·locar seguint dues metodologies diferents (vegeu la figura 1).

Una primera opció és donar suport a la canonada exterior a la roca. En aquest cas cal cimentar l'espai anular entre la canonada interior i la canonada exterior —no es pot deixar l'espai anular entre canonades sense cimentar— i també l'espai anular entre la canonada exterior i la roca. Per a aquesta operació és necessari utilitzar un obturador que permeti cimentar la zona situada per sobre.

Una segona opció és unir les dues canonades de diferent diàmetre mitjançant un embut. En aquest cas també és necessari utilitzar un obturador per cimentar la part superior del pou.

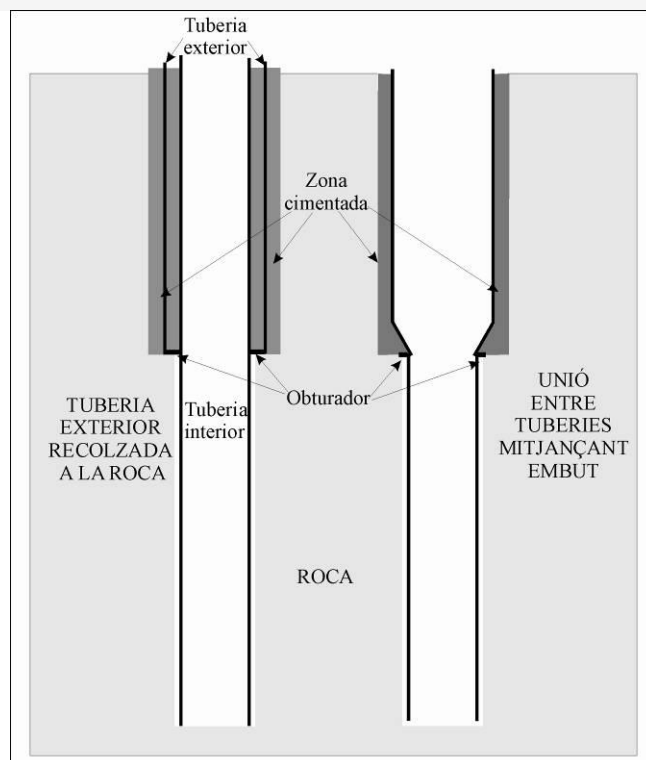


Figura 1. Col·locació de les canonades

2.1.2. Tancament o boca de la captació

Per evitar l'entrada d'aigües exteriors i possibles contaminants, la canonada de revestiment del pou ha de sobresortir entre 30 i 50 centímetres per damunt de la superfície del terreny, i al voltant i per sobre s'ha de disposar una placa de ciment d'un gruix mínim de 30 centímetres en el centre i de 15 en els caires, de manera que la cara superior faci pendent cap a la perifèria en totes les direccions. La placa ha de tenir una amplada mínima de 50 centímetres al voltant de la canonada i un gruix mínim enterrat de 30 centímetres (vegeu la figura 2).

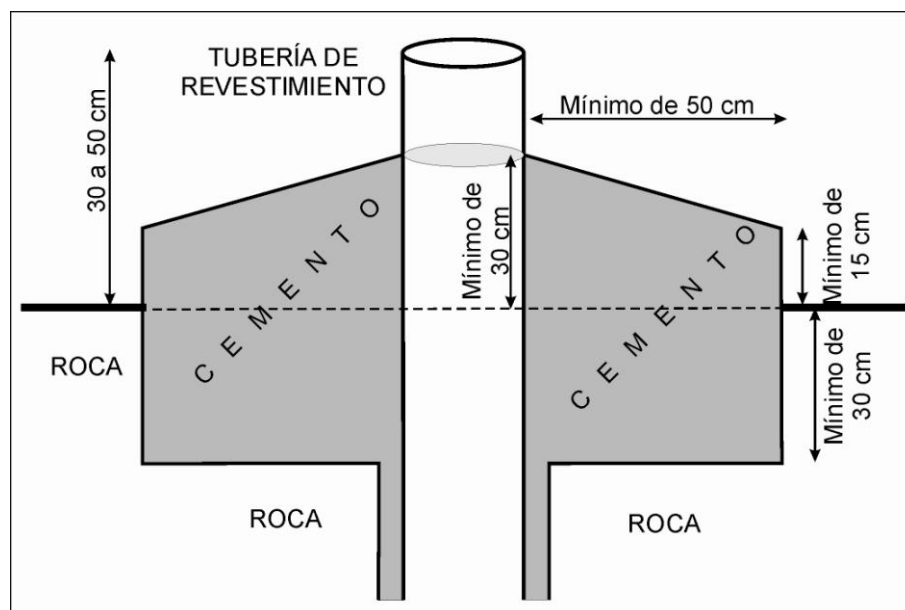


Figura 2. Tancament o boca de la captació

2.1.3. Desinfecció, comptador volumètric i compliment de prescripcions

Cal recordar que un cop acabada la perforació i, si escau, l'assaig de bombament, s'ha de desinfectar el pou i instal·lar-hi un tub piezomètric i un comptador volumètric. El manteniment de tots els elements de la captació són a càrrec del propietari, i aquest ha de facilitar les inspeccions de la captació corresponents a l'Administració hidràulica.

L'Administració hidràulica pot dur a terme les comprovacions relatives al compliment de les prescripcions de l'autorització i els registres necessaris per comprovar el correcte segellament, abans de posar el sondeig en funcionament. Per

aquesta raó cal comunicar a l'Administració hidràulica l'acabament de les obres de captació abans d'instal·lar-hi els mecanismes per elevar l'aigua.

Els directors tècnics han de certificar que es compleixen les condicions imposades o, si escau, adjuntar al full de característiques un registre de raigs gamma i un registre sònic, fet per tècnics competents, com a comprovació del compliment de les condicions imposades i de la correcta cimentació del sondeig. En el cas que l'Administració comprovi que no s'han complert les prescripcions tècniques indicades en l'autorització d'execució del sondeig s'obrirà un procés administratiu per clausurar la captació.

2.2. Cimentació

Els projectes d'execució de sondejors han d'incorporar les operacions de cimentació corresponents que garanteixin que el sondeig no és una via preferent de contaminació del domini públic hidràulic.

La cimentació de l'espai anular dels pous evita la comunicació directa entre l'aqüífer i les aigües d'escolament superficial, aïlla els diferents nivells aquífers d'una perforació, evita el buidatge incontrolat i continu de determinats nivells aquífers i ajuda a protegir la canonada. Cal que totes les captacions que es construeixin disposin d'un tram cimentat en la part més superficial. La cimentació s'ha d'adaptar sempre als criteris següents:

- S'ha de deixar un gruix de corona de 5 cm com a mínim. És a dir, entre la canonada i la paret del sondeig s'ha de deixar un espai almenys de 5 cm.
- Perquè la beurada de ciment pugui tenir la suficient fluïdesa per ser injectada en l'espai anular del pou, la concentració de bentonita de la barreja ha de ser d'un 2 a un 6 %. La densitat recomanable és d'1,9 g/cm³.
- L'encarregat de l'obra ha de comunicar el començament de les operacions de cimentació i segellament a l'autoritat hidràulica, perquè el personal d'aquesta, si ho considera necessari, pugui ser-hi present durant l'operació.

- Quan la profunditat de cimentació sigui inferior a 5 metres, el material segellant es pot abocar des de la boca del sondeig; no cal utilitzar barnillatge auxiliar ni bomba d'injecció.
- Quan la profunditat de cimentació sigui superior a 5 metres és necessari utilitzar barnillatge de fons o elements de la mateixa utilitat que poden ser introduïts per l'espai anular. Així mateix, en aquests casos cal utilitzar una bomba d'injecció per injectar el ciment des del fons i anar ascendint cap a la superfície.
- Les operacions de cimentació s'han de fer de manera continuada, sense interrupcions, per evitar el desagregat del material cimentant. Aquesta operació és especialment necessària quan hi ha un flux dins del sondeig a causa de diferents càrregues hidràuliques d'aqüífers. Per aquesta raó, és molt recomanable calcular la quantitat de material necessari abans de començar la cimentació.
- Quan la columna que s'ha de cimentar és d'una longitud considerable, s'han de tenir en compte les pressions centrípètes que exerceix la columna de cimentació perquè aquestes no superin la resistència nominal de la canonada, cosa que pot produir-ne el col·lapse. En aquests casos és necessari cimentar per fases.
- Un cop hagin acabat les operacions de cimentació no es podrà fer cap activitat en el pou fins que el ciment estigui completament forjat. Com que aquest temps depèn dels materials utilitzats, es fixa un temps mínim de 72 hores des que acaba la cimentació per continuar els treballs d'adequació del sondeig.
- Qualsevol col·locació de tubs provisional que s'hagi utilitzat en el procés de construcció del pou s'ha de retirar de manera simultània al procés de cimentació.

2.2.1. Profunditat de cimentació

La profunditat fins a la qual s'ha de cimentar l'espai anular depèn del material que aflora a la zona i de les característiques de l'aqüífer que s'explota. Bàsicament es poden presentar quatre grans grups d'aqüífers: lliures, confinats, superposats i multicapa.

En superfície, a les Illes Balears afloren principalment dos grans grups de roques sedimentàries: roques detrítiques (argiles, gresos i conglomerats) i roques carbonatades. Dins dels materials carbonatats es poden diferenciar els carbonats pròpiament dits (calcàries i dolomies), les calcarenites i les margues. D'altra banda, cal diferenciar també els carbonats que estan fissurats dels que presenten processos de carstificació importants.

Les masses d'aigua subterrània definides en el Pla Hidrològic de les Illes Balears s'han classificat d'acord amb la distribució d'aquests grups de materials i tipus d'aqüífer, i s'ha adjudicat a cadascuna la profunditat mínima de cimentació.

En la taula següent i en les figures 3, 4 i 5 s'indiquen els rangs de profunditat de cimentació per a cada massa d'aigua subterrània que s'ha d'aplicar si el projecte de construcció del pou que es presenta no demostra que en la zona afloren uns materials diferents a la generalitat de la massa.

En qualsevol cas, el projecte de construcció del pou ha d'indicar i justificar la profunditat de cimentació que es vol aplicar. S'ha de tenir en compte també que quan es tracta d'un aquífer confinat amb una cobertura impermeable d'un gruix inferior a 5 metres només cal cimentar la part impermeable; és a dir, des del sostre de l'aqüífer fins a la superfície del terreny.

En el cas d'aqüífers superposats (un aquífer lliure en superfície i altres aquífers confinats en profunditat) o aquífers multicapa (aquífers formats per una alternança de capes permeables i impermeables), el projecte de captació ha d'indicar quin dels aquífers es vol explotar. L'aqüífer que no s'ha d'explotar s'ha d'aïllar adequadament de la resta (vegeu la figura 7). Aquest aïllament s'ha d'efectuar amb la cimentació o el segellament de l'anell entre l'entubat i la paret del sondeig, almenys en un gruix de 5 metres des de la base de l'aqüífer que no es vol explotar. La resta de l'anell es pot omplir de grava. Si el gruix de les capes limítrofs és menor de 5 metres, s'ha de segellar en tot l'espessor.

<i>Codi</i>	<i>Nom de la massa</i>	<i>Profunditat de cimentació (m)</i>	<i>Tipus d'aqüífer</i>	<i>Materials dominants</i>
1801M1	Coll Andritxol	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades

<i>Codi</i>	<i>Nom de la massa</i>	<i>Profunditat de cimentació (m)</i>	<i>Tipus d'aqüífer</i>	<i>Materials dominants</i>
1801M2	Port d'Andratx	10 - 15	Lliure-confinat	calcàries i dolomies fissurades, margues i detrítics
1801M3	Sant Elm	5 - 15	Confinat-lliure	Margues, calcàries i detrítics
1801M4	Ses Basses	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1802M1	La Penya Blanca	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1802M2	Banyalbufar	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1802M3	Valldemossa	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1803M1	Escorca	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1803M2	Lluc	40 - 55	Lliure	Calcàries i dolomies carstificades
1804M1	Ternelles	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1804M2	Port de Pollença	10 - 30	Lliure-confinat	Calcàries i dolomies fissurades, margues i detrítics
1804M3	Alcúdia	10 - 15	Lliure-confinat	Detrítics margues
1805M1	Pollença	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1805M2	Eixartell	10 - 30	Lliure-confinat	Margues, calcàries i dolomies fissurades
1805M3	S'Arboçar	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1806M1	S'Olla	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1806M2	Sa Costera	40 - 55	Lliure	Calcàries i dolomies carstificades
1806M3	Port de Sóller	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1806M4	Sóller	10 - 15	Lliure-confinat	Detrítics, argiles i guix
1807M1	Esporles	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1807M2	La Fita del Ram	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades

<i>Codi</i>	<i>Nom de la massa</i>	<i>Profunditat de cimentació (m)</i>	<i>Tipus d'aqüífer</i>	<i>Materials dominants</i>
1808M1	Bunyola	40 - 55	Lliure	Calcàries i dolomies carstificades
1808M2	Massanella	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1809M1	Lloseta	10 - 15	Lliure-confinat	Margues, calcàries i dolomies fissurades
1809M2	Penyaflor	10 - 15	Lliure-confinat	calcàries i detrítics
1810M1	Caimari	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1811M1	Sa Pobla	10 - 15	Lliure	Detrítics
1811M2	Llubí	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1811M3	Inca	10 - 15	Sobreposats	Detrítics
1811M4	Navarra	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1811M5	Crestatx	40 - 55	Lliure	Calcàries i dolomies carstificades
1812M1	Galatzó	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1812M2	Es Capdellà	10 - 15	Confinat-lliure	Margues, calcàries i dolomies fissurades
1812M3	Santa Ponça	5 - 15	Confinat	Margues, calcàries i detrítics
1813M1	Sa Vileta	40 - 55	Lliure	Calcàries i dolomies carstificades
1813M2	Palmanova	40 - 55	Lliure	Calcàries i dolomies carstificades
1814M1	Xorrigo	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1814M2	Sant Jordi	10 - 15	Lliure	Detrítics
1814M3	Pont d'Inca	25 - 40	Sobreposats	Calcarenites i calcàries carstificades
1814M4	Son Reus	10 - 15	Sobreposats	Detrítics
1815M1	Porreres	10 - 15	Lliure-confinat	Detrítics, calcàries i dolomies fissurades, margues
1815M2	Montuïri	5 - 15	Confinat	Margues i calcàries fissurades
1815M3	Algaida	10 - 15	Lliure-confinat	Detrítics, calcàries i dolomies fissurades margues
1815M4	Petra	5 - 15	Confinat	Margues, calcàries i detrítics
1816M1	Ariany	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades

<i>Codi</i>	<i>Nom de la massa</i>	<i>Profunditat de cimentació (m)</i>	<i>Tipus d'aqüífer</i>	<i>Materials dominants</i>
1816M2	Son Real	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1817M1	Capdepera	10 - 30	Lliure-confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues
1817M2	Son Servera	10 - 30	Lliure-confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues
1817M3	Sant Llorenç des Cardassar	10 - 30	Lliure-confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues
1817M4	Ses Planes	10 - 30	Lliure-confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues
1817M5	Ferrutx	10 - 30	Lliure-confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues
1817M6	Es Racó	10 - 30	Lliure-confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues
1818M1	Son Talent	10 - 25	Confinat-lliure	Detrítics i Calcarenites
1818M2	Santa Cirga	10 - 30	Lliure-confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues
1818M3	Sa Torre	10 - 30	Lliure-confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues
1818M4	Justaní	5 - 15	Confinat	Margues i calcàries fissurades
1818M5	Son Macià	5 - 15	Confinat	Margues i calcàries fissurades
1819M1	Sant Salvador	10 - 30	Lliure-confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues
1819M2	Cas Concos	10 - 30	Lliure-confinat	Calcàries i dolomies fissurades margues
1820M1	Santanyí	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1820M2	Cala d'Or	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1820M3	Porto Cristo	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1821M1	Marina de Lluçmajor	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1821M2	Pla de Campos	10 - 25	Lliure	Detrítics i calcarenites
1821M3	Son Mesquida	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
18NM01	Dragonera	5 - 15	No massa	Margues, calcàries i detrítics
1901M1	Maó	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1901M2	Es Migjorn Gran	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
1901M3	Ciutadella de Menorca	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades

<i>Codi</i>	<i>Nom de la massa</i>	<i>Profunditat de cimentació (m)</i>	<i>Tipus d'aqüífer</i>	<i>Materials dominants</i>
1902M1	Sa Roca	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1903M1	Addaia	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
1903M2	Tirant	10 - 15	Lliure	Detrítics
19NM01	Ferrerries - Cavalleria	5 - 15	No massa	Paleozoic i detrítics
19NM02	La Mola - Es Grau	5 - 15	No massa	Paleozoic i detrítics
2001M1	Portinatx	10 - 15	Confinat-lliure	Margues, calcàries i dolomies fissurades
2001M2	Port de Sant Miquel	40 - 55	Lliure	Calcàries i dolomies carstificades
2002M1	Santa Agnès	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
2002M2	Pla de Sant Antoni	10 - 15	Lliure	Detrítics
2002M3	Sant Agustí	5 - 15	Confinat	Margues, calcàries i detrítics
2003M1	Cala Llonga	10 - 30	Lliure-confinat	Calcàries i dolomies fissurades, margues i detrítics
2003M2	Roca Llissa	10 - 30	Lliure-confinat	Calcàries i dolomies fissurades, margues i detrítics
2003M3	Riu de Santa Eulària	5 - 15	Confinat	Margues, calcàries i detrítics
2003M4	Sant Llorenç de Balafia	10 - 30	Lliure-confinat	Calcàries i dolomies fissurades, margues i detrítics
2004M1	Es Figueras	10 - 15	Confinat-lliure	Margues, calcàries i dolomies fissurades
2004M2	Es Canar	10 - 30	Lliure-confinat	Calcàries i dolomies fissurades, margues i detrítics
2005M1	Cala Tarida	20 - 30	Lliure	Calcàries i dolomies fissurades
2005M2	Port Roig	5 - 15	Confinat	Margues, calcàries i detrítics
2006M1	Santa Gertrudis	5 - 15	Confinat	Margues, calcàries i detrítics
2006M2	Jesús	10 - 15	Lliure	Detrítics
2006M3	Serra Grossa	10 - 30	Lliure-confinat	Calcàries i dolomies fissurades, margues i detrítics
2101M1	La Mola	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades
2101M2	Cap de Barbaria	25 - 40	Lliure	Calcarenites carstificades

<i>Codi</i>	<i>Nom de la massa</i>	<i>Profunditat de cimentació (m)</i>	<i>Tipus d'aqüífer</i>	<i>Materials dominants</i>
2101M3	La Savina	10 - 25	Lliure	Detrítics i calcarenites

En les masses formades per calcàries i dolomies fissurades, margues i materials detrítics, en què la cimentació s'ha establert en el rang de 10 a 30 metres, s'ha de tenir en compte que quan aflorin margues o materials detrítics la cimentació pot ser de 10 a 20 metres, mentre que si afloren calcàries o dolomies fissurades la cimentació ha de ser de 20 a 30 metres.

En les masses en què, segons la taula anterior, afloren bàsicament materials detrítics i calcarenites, per a les quals s'ha establert un rang de cimentació de 10 a 25 metres, s'ha de tenir en compte que quan afloren materials detrítics la cimentació pot ser de 10 a 20 metres, mentre que si afloren calcarenites la cimentació ha de ser de 15 a 25 metres.

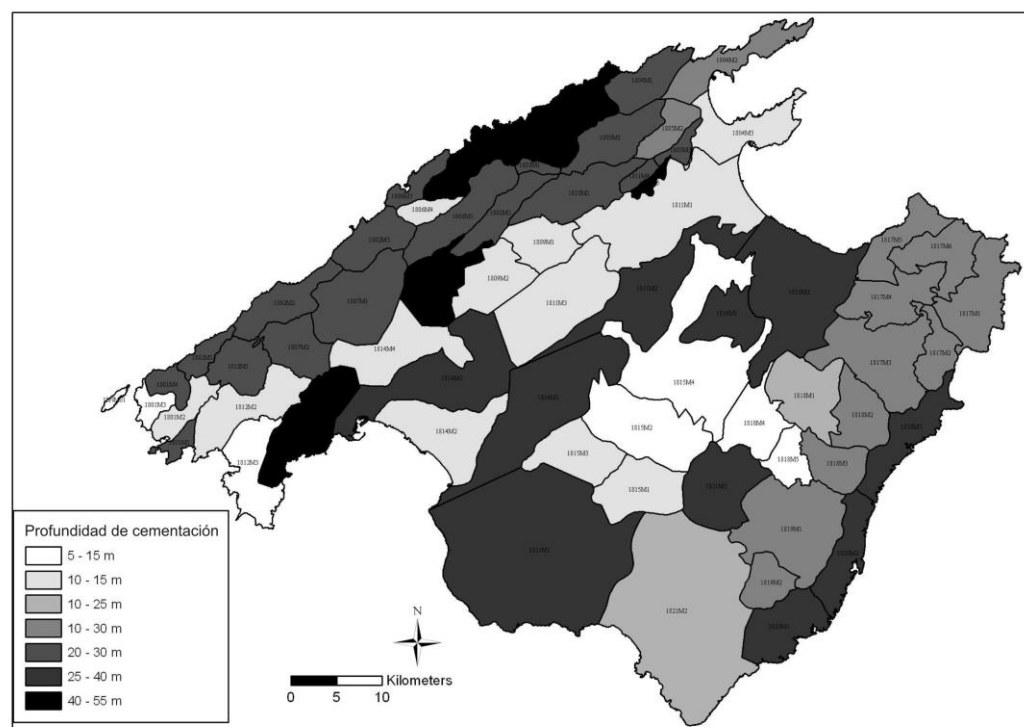


Figura 3: Profunditats de cimentació en les masses d'aigua subterrània de Mallorca

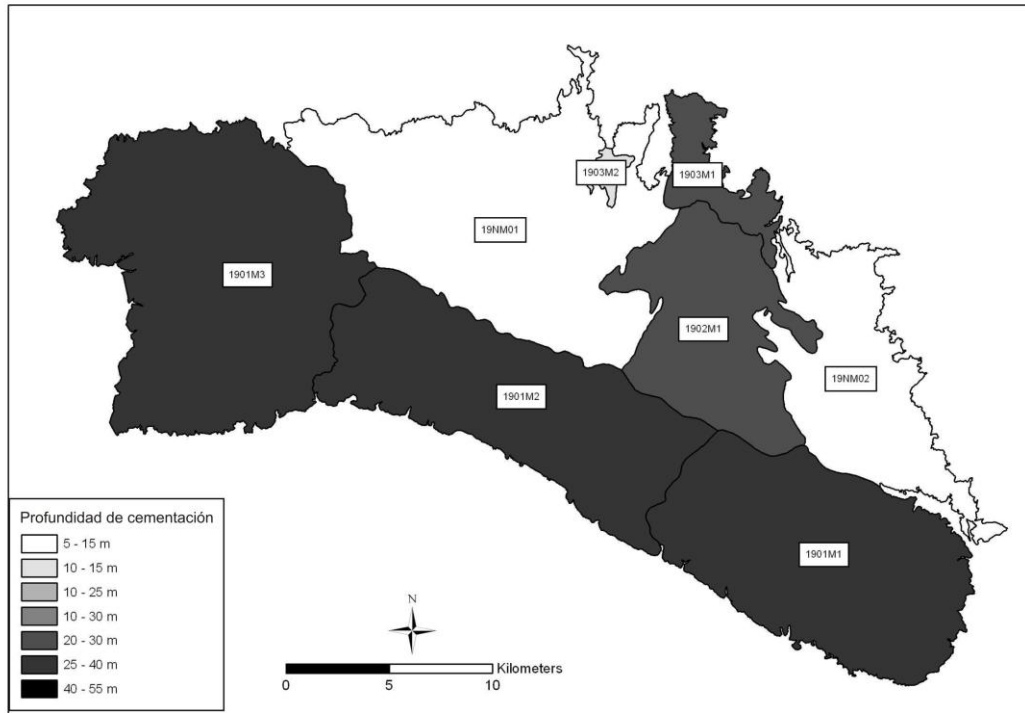


Figura 4: Profunditats de cimentació en les masses d'aigua subterrània de Menorca

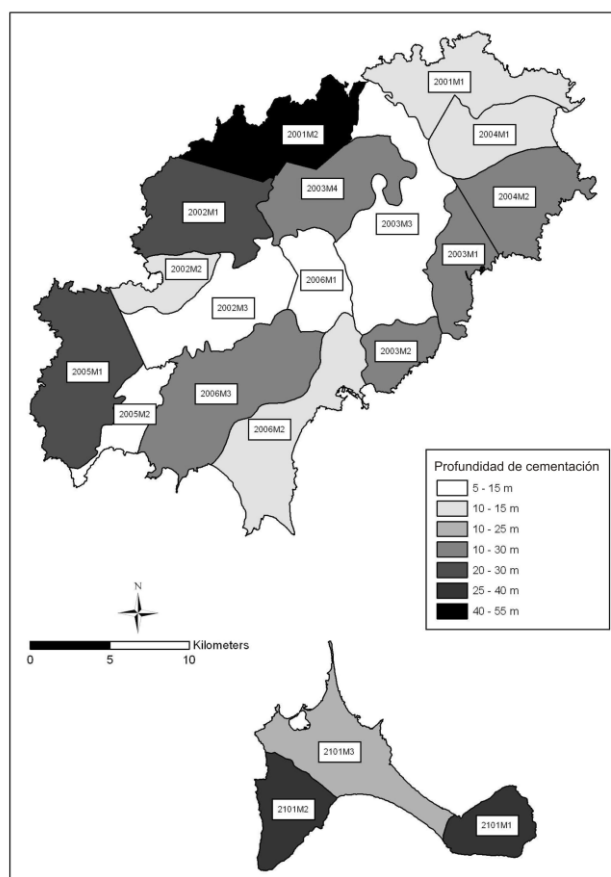


Figura 5. Profunditats de cimentació en las masses d'aigua subterrània de les Pitiüses

3. Criteris tècnics per a la clausura de sondejors o pous

Aquest apartat es redacta per disposar d'una guia de prescripcions tècniques per clausurar adequadament pous en desús o abandonats. Vol ser l'eina per al propietari del pou o el tècnic corresponent de l'obra per aconseguir els resultats adequats.

Els objectius principals que es volen assolir amb la clausura dels pous són:

1. Eliminar el risc d'accidents per la presència d'un espai obert en el terreny.
2. Impedir actes vandàlics i que el pou pugui servir com a dipòsit de materials contaminants o runes.
3. Evitar l'entrada de contaminants des de la superfície.

4. Evitar modificacions en el comportament hidràulic de les aigües subterrànies, com la pèrdua de cabals o pressions hidrostàtiques.
5. Prevenir la barreja d'aigua entre diferents aqüífers i evitar el flux induït de l'aigua a través de diferents formacions geològiques.

Cada clausura s'ha de considerar un cas particular. D'aquesta manera, tant els mètodes com els materials que s'han d'utilitzar estaran sempre determinats per les condicions particulars de l'entorn i per l'objectiu que es persegueixi.

Factors com les condicions del terreny, la vulnerabilitat del medi i la presència de pous d'abastament s'han de tenir en compte acuradament abans de prendre la decisió final sobre el procediment i els materials que s'han d'utilitzar en el segellament.

Sense perjudici dels inventaris de pous abandonats que pugui dur a terme l'Administració hidràulica, els propietaris de les finques on hi hagi pous abandonats o negatius tenen l'obligació de clausurar-los per evitar possibles contaminacions del domini públic hidràulic. Els costos de la clausura són a càrrec del titular de la captació o del propietari de la finca on se situa el pou. En el cas que hi hagi un perill associat a un pou abandonat del qual no s'hagi pogut determinar la titularitat, l'Administració hidràulica es farà càrrec de la clausura.

3.1. Consideracions generals

En casos concrets degudament justificats, una actuació mínima de protecció superficial de la captació pot servir com a mesura temporal de clausura. En la resta de casos, cal complir tots els passos requerits per clausurar adequadament el pou.

El segellament adequat d'un pou requereix que estigui totalment net, de manera que s'aïlli l'accés als nivells aqüífers i s'aconsegueixi l'obturbació superficial de la boca. Les operacions dels processos de clausura i segellament de pous són bàsicament l'extracció dels elements introduïts en el terreny (canonades, filtres, bomba, etc.) i el reblert de l'espai obert amb materials que no tinguin interacció amb el medi i impedeixin que es modifiqui per factors externs.

El tipus de pou, les característiques geològiques i la situació ambiental de possible contaminació (abocaments, vessaments, residus, presència de nivells aquífers ja contaminats), determinen els procediments i els materials per clausurar-les. Per aquesta raó les actuacions de clausura o segellament de pous han de ser supervisades per tècnics especialistes en hidrogeologia subterrània davant la variabilitat de factors i condicionants que s'han de tenir en compte en cada cas.

Per clausurar un pou s'ha de presentar un projecte de clausura que es basi en les indicacions d'aquest annex, i que ha de contenir, com a mínim, la informació següent:

- a) Nom del propietari de la parcel·la on està situat el pou.
- b) Característiques geogràfiques i hidrogeològiques de la captació: coordenades, cota topogràfica, profunditat del nivell piezomètric, massa d'aigua subterrània on es localitza i qualsevol altra informació disponible (columna litològica, qualitat de l'aigua, etc.).
- c) Característiques tècniques de la captació: diàmetre i profunditat del pou, tipus d'entubament i cimentació.
- d) Tipus de clausura que es proposa.

3.2. Tipus constructius de pous

Els pous es poden classificar segons el mètode constructiu o l'aquífer on s'ubiquen. En aquest annex s'han tingut en compte dos tipus de pous segons les característiques constructives: pous superficials o oberts, i pous perforats o sondejós.

Segons el tipus d'aquífer a les Illes Balears es poden donar bàsicament dues situacions: aquífers carbonatats i aquífers detrítics.

En certs casos, i en qualsevol d'aquests tipus, el pou pot ser deu; és a dir, pot presentar un nivell de l'aigua per sobre del brocal del pou. En aquests casos és necessari un tractament específic per executar els procediments de segellament del pou.

3.2.1. Pous superficials o oberts

Els pous superficials o oberts solen ser antics i excavats a mà (sínies). Tenen profunditats de 5 a 25 metres i diàmetres d'1 a 3 metres.

Les parets sovint es troben recobertes de maons o formigó per evitar el col·lapse. Aquests pous normalment exploten aqüífers en terrenys detrítics al·luvials o col·luvials, relativament poc consolidats (conglomerats, gresos i argiles del quaternari), encara que poden penetrar parcialment el basament de roca consolidada inferior.

3.2.2. Pous perforats o sondejors

Són pous fets amb maquinària específica seguint metodologies diferents de construcció. Solen tenir diàmetres inferiors a 0,5 metres i poden aconseguir profunditats de centenars de metres. Dependent del material geològic poden presentar dues modalitats constructives:

- Materials poc consolidats (detrítics): el pou sol disposar de canonada en tota la longitud, amb trams filtrants en les zones més productives permeables.
- Materials consolidats (generalment carbonats): en certs casos el pou només està entubat en el tram superior, on travessa els materials no consolidats. La part inferior de la captació travessa un terreny format per una roca consolidada amb fractures. En certs casos en aquesta zona aqüífera no es col·loca canonada de revestiment ni filtre.

3.3. Tasques prèvies al condicionament definitiu

Abans de segellar el pou cal dur a terme algunes tasques que contribueixen a facilitar l'operació de clausura i n'asseguren l'efectivitat. Les tasques necessàries són la caracterització del pou, la retirada dels elements aliens i la desinfecció.

3.3.1. Caracterització del pou

Prèviament a determinar el procés de clausura d'un pou, és molt important corroborar la informació respecte a les característiques del pou, tant les originals en

el moment de la construcció (si estan disponibles) com les actuals en el moment de la clausura.

Una clausura efectiva del pou depèn del coneixement de les característiques constructives del pou, la geologia i la hidrogeologia del lloc. S'ha de disposar de tota la informació que pugui ser rellevant per clausurar-lo. La informació que s'ha d'utilitzar per redactar el projecte de clausura és:

- Situació administrativa: titularitat, existència o no d'expedient administratiu, coordenades, cota topogràfica, cabal concessionat, ús, etc.
- Característiques hidrogeològiques: massa d'aigua subterrània on es localitza, profunditat de l'aigua en el moment de la clausura (en el cas de disposar de dades històriques, rang de profunditats de l'aigua en el passat) i qualsevol altra informació disponible (columna litològica, qualitat de l'aigua, localització de les zones aquíferes, etc.).
- Característiques tècniques: profunditat i diàmetre, tipus i profunditat de l'entubat amb la distribució de les zones ranurades i cegues i qualsevol altra informació sobre la perforació (existència de cimentació anul·lar, etc.).

3.3.2. Retirada d'elements aliens

Un cop es disposa del projecte de clausura del pou aprovat, abans de començar la clausura cal retirar els dispositius de l'interior (bombes, canonades, materials auxiliars) i qualsevol objecte estrany, de manera que l'èxit de l'actuació no es vegi compromès.

3.3.3. Desinfecció

Un cop el pou s'ha buidat i netejat, cal desinfectar-lo. S'ha d'utilitzar un desinfectant adequat, com pot ser una solució d'hipoclorit de calci amb un contingut de 65 a 75 % de clor.

No convé utilitzar lleixiu d'ús domèstic, ja que és massa feble per arribar al nivell de desinfecció adequat. Cal tenir la precaució de desinfectar totes les eines i els equips que s'introdueixin en el pou durant les operacions. La quantitat de desinfectant que

s'ha d'utilitzar depèn del volum d'aigua al pou: s'ha de procurar arribar a una concentració de 100 mg de clor per litre d'aigua.

3.4. Operacions de clausura o segellament

Els pous es poden tancar de manera temporal o definitiva. La clausura temporal és una mesura que permet impedir que es puguin abocar substàncies potencialment contaminants al pou, però deixa la possibilitat d'utilitzar el pou per a l'extracció d'aigua en un futur. Per altra banda, la clausura definitiva del pou és una acció que ha de permetre assegurar la protecció del domini públic hidràulic; per tant, un cop el pou s'ha clausurat definitivament ja no se'n podrà extreure aigua.

3.4.1. Clausura temporal d'un pou

En cas que el pou no s'utilitzi però es tingui la intenció d'utilitzar-lo en un futur pròxim, se'n pot sol·licitar la clausura temporal. La clausura temporal d'un pou es fa tapant la boca del pou amb una tapa de ferro i amb cademat, de manera que sigui impossible abocar-hi substàncies a través de la boca.

La clausura temporal del pou no és possible quan:

- a) Hi hagi risc d'infiltració d'aigües de vessament superficial per l'espai anular del pou (boca), o
- b) Es tracti d'un pou que comuniqui aquífers amb diferents pressions i tipus d'aigua, o
- c) Sigui necessari fer una restitució del medi.

La clausura temporal ha d'incloure els treballs següents:

- Si es té la intenció de deixar una bomba dins el pou, cal posar un comptador i precintat el pou.
- Si el pou està en una zona inundable, cal que la boca del pou se situï per sobre de la cota d'inundació.

3.4.2. Clausura definitiva d'un pou

Quan el pou estigui abandonat i no es tingui intenció de tornar-lo a utilitzar, o sigui un sondeig negatiu, cal clausurar-lo definitivament. Quan el pou sigui superficial o exploti un aqüífer únic, es pot acceptar una clausura amb unes accions mínimes. D'altra banda, si el pou comunica diversos aqüífers cal dur a terme unes accions obligatòries que són més o menys estrictes segons les particularitats de cada cas.

3.4.2.1. CLAUSURA DE POUS SUPERFICIALS O D'AQUÍFER ÚNIC

En el cas que el pou exploti un aqüífer superficial o únic, i no hi hagi risc de comunicació entre diferents estrats, es pot clausurar el pou amb unes operacions mínimes. L'objectiu d'aquesta clausura és evitar la contaminació a través del brocal i, quan el pou sigui de gran diàmetre, el risc a causa del perill físic de caigudes dins d'aquest. Quan es compleixen aquestes condicions la clausura s'ha de fer de la manera següent:

1. Retirar els elements de l'interior del pou (bomba, canonades, cables o altres elements) que es puguin deteriorar. És obligatori retirar els tres metres més superficials de la canonada per poder fer un tap sanitari almenys en els 2 metres superiors del pou. Quan l'encamisat és de PVC, és preferible destruir-lo mitjançant una nova perforació del pou.
2. Si no és possible extreure la canonada per complet a causa del risc d'ensorrament del pou o la ruptura de la canonada, és necessari fer un tall i una obertura a la canonada de revestiment, especialment en els tres metres més superficials de pou. El tall i l'obertura de la canonada consisteixen en talls o perforacions longitudinals (aproximadament 10 cm oberts cada 40 cm de canonada).
3. Un cop s'han extret els elements aliens i s'han fet els talls o les obertures s'ha de bombar el pou per extreure'n l'aigua bruta i desinfectar-lo amb una solució d'hipoclorit.
4. Omplir el pou amb materials sòlids inerts (agregats) per aconseguir una reconstitució del terreny fins a un estat similar a les condicions geològiques originals. Els pous de gran diàmetre s'han d'omplir des del fons fins al nivell estàtic màxim, mentre que els pous de diàmetre inferior a 0,5 metres s'han

d'omplir des del fons fins a un metre per sota del nivell estàtic màxim. Aquesta acció només es pot dur a terme quan el diàmetre sigui superior a 2 polzades. La mida de les partícules sempre ha de ser inferior a $\frac{1}{4}$ del diàmetre del pou. El material no pot estar contaminat i ha de ser geoquímicament inert en contacte amb l'aigua subterrània o amb els materials geològics presents. Cal fer un seguiment de l'operació d'ompliment per controlar que no es produeixen ponts.

5. Sobre l'agregat s'ha de posar un segell de bentonita. La potència d'aquest segell ha de ser d'1,5 metres per als pous de diàmetre inferior a 0,5 metres, i de 0,5 metres com a mínim per als pous de gran diàmetre.
6. Per sobre d'aquest segell s'ha d'omplir el pou amb àrids inerts fins a un metre per sota del nivell del terreny.
7. El tram més superficial es pot clausurar de dues maneres: si l'Administració considera que és necessari restituir el medi i el pou es localitza a més de 50 metres d'una edificació existent, el metre més superficial s'ha de cobrir amb sòl orgànic o un altre material que serveixi per restaurar completament el terreny (vegeu la figura 6 A). Quan el pou estigui a menys de 50 metres d'una edificació existent, o no es consideri necessari restituir el medi, s'ha de segellar amb formigó el darrer metre i construir un dau de formigó amb un pendent cap a l'exterior que sobresurti un mínim de 0,5 metres per sobre del terreny natural a la part central del pou i tingui una base d'una longitud mínima de 0,5 metres (vegeu la figura 6 B).

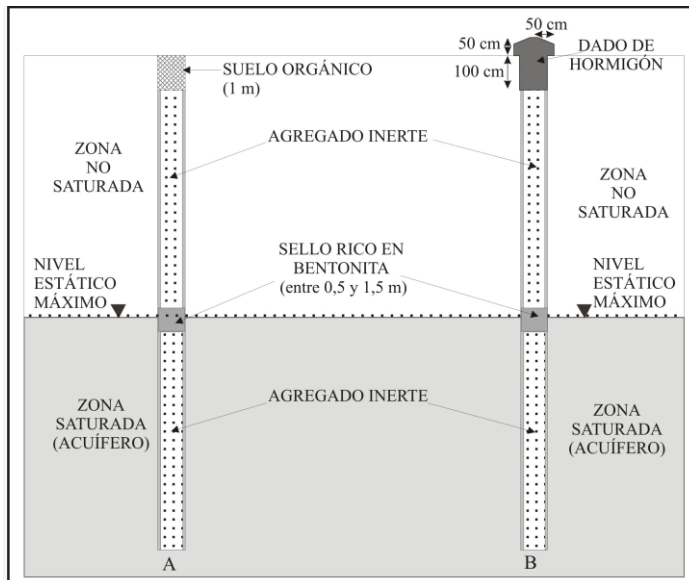


Figura 6. Esquema del procediment per a la clausura d'un pou superficial o d'aqüífer únic

3.4.2.2. CLAUSURA DE POUS D'AQÜÍFER MULTICAPA

En el cas que el pou exploti diverses capes aquífères, i es disposi d'informació sobre la situació d'aquestes capes, la clausura definitiva del pou s'ha de fer segons la columna litològica del pou o la disposició vertical de les capes aquífères. Les passes que s'han de fer són similars a les dels pous d'aqüífer únic o superficial, però és necessari col·locar diversos taps o ponts de bentonita segons la distribució dels estats productius. Les passes que s'han de fer en aquest cas són:

1. Retirar els elements de l'interior del pou (bomba, canonades, cables o altres elements) que es puguin deteriorar. És obligatori retirar els tres metres més superficials de la canonada per poder fer un tap sanitari en almenys els 2 metres superiors del pou. Quan l'entubat sigui de PVC, és preferible destruir-lo mitjançant una nova perforació del pou.
2. Si no és possible extreure la canonada per complet a causa del risc d'ensorrament del pou o la ruptura de la canonada, és necessari fer un tall i una obertura a la canonada de revestiment. El tall o obertura és imprescindible en els 3 metres més superficials de pou i en els sectors que han de ser segellats amb bentonita (bàsicament els sostres de les capes aquífères). El tall i l'obertura de la

canonada consisteixen en talls o perforacions longitudinals (aproximadament 10 cm oberts cada 40 cm de canonada).

3. Un cop s'han extret els elements aliens i s'han fet els talls o les obertures s'ha de bombar el pou per extreure'n l'aigua bruta i desinfectar-lo amb una solució d'hipoclorit.
4. Omplir el pou amb materials sòlids inerts (agregats), des del fons fins a un metre per sota del sostre del primer estrat aquífer, per aconseguir una reconstitució del terreny fins a un estat similar a les condicions geològiques originals. Aquesta acció només es pot dur a terme quan el diàmetre sigui superior a 2 polzades. La mida de les partícules sempre ha de ser inferior a $\frac{1}{4}$ del diàmetre del pou. El material no pot estar contaminat i ha de ser geoquímicament inert en contacte amb l'aigua subterrània o amb els materials geològics presents. Cal fer un seguiment de l'operació d'ompliment per controlar que no es produeixen ponts.
5. Sobre l'agregat s'ha de posar un segell de ciment ric en bentonita d'un mínim de 0,5 metres de potència.
6. Després de segell s'ha de repetir la passa 4 (omplir el pou amb agregat fins a un metre per sota del següent estrat aquífer) i tot seguit la passa 5 (afegir un segell de ciment ric en bentonita amb un mínim de 0,5 metres de potència). Els passos 4 i 5 s'han de repetir tantes vegades com aquífers hi hagi a la vertical de la perforació. Aquesta acció permetrà aïllar els diversos aquífers entre si i evitar la contaminació vertical entre els aquífers que travessi el pou.
7. Per sobre del darrer segell de bentonita (el que es correspon amb l'aquífer més superficial) s'ha d'omplir el pou amb àrids inerts fins a un metre per sota del nivell del terreny.

8. Com en el cas anterior, el tram més superficial es pot clausurar de dues maneres. Si l'Administració considera que és necessari restituir el medi i el pou es localitza a més de 50 metres d'una edificació existent, el metre més superficial s'ha de cobrir amb sòl orgànic o un altre material que serveixi per restaurar completament el terreny (vegeu la figura 7 A). Quan el pou estigui a menys de 50 metres d'una edificació existent, o no es consideri necessari restituir el medi, s'ha de segellar amb formigó el darrer metre i construir un dau de formigó amb un pendent cap a l'exterior que sobresurti un mínim de 0,5 metres per sobre del terreny natural a la part central del pou i tingui una base d'una longitud mínima de 0,5 metres (vegeu la figura 7 B).

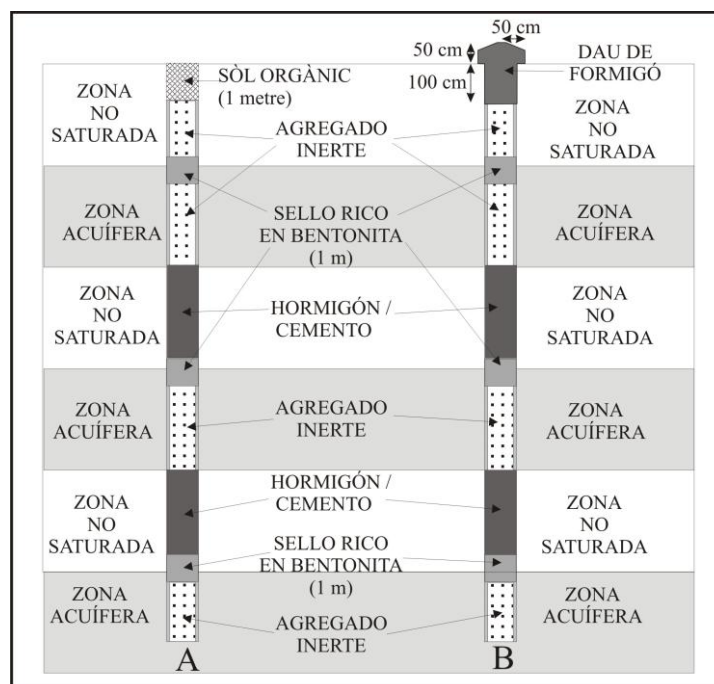


Figura 7. Esquema del procediment per clausurar un pou en un aquífer multicapa

3.4.2.3. CLAUSURA DE POUS EN TERRENYS NO CONSOLIDATS

En el cas que el terreny no estigui ben consolidat, el primer pas és retirar els elements de l'interior del pou (la bomba i altres elements aliens; no és necessari extreure'n la canonada). S'han de fer les passes següents:

1. Retirar els elements de l'interior del pou (bomba, cables o altres elements) que es puguin deteriorar, deixant intacta la canonada de revestiment.
2. Un cop s'han extret els elements aliens, s'ha de bombar el pou per extreure'n l'aigua bruta i desinfectar-lo amb una solució d'hipoclorit.
3. Una vegada s'ha desinfectat, s'ha de segellar mitjançant la injecció de ciment ric en bentonita a pressió des del fons fins un metre de la superfície. A causa de la inestabilitat de les parets del pou relacionada amb la naturalesa del terreny, en aquests casos és necessari efectuar la injecció de la pasta o ciment alhora que s'extreu la canonada de revestiment. Així, la canonada s'ha de retirar alçant-la lentament i, simultàniament, injectar la pasta de ciment des del fons del pou mitjançant una canonada auxiliar. En aquesta operació s'ha de tenir la precaució que el nivell del ciment injectat es mantingui sempre per dins de la camisa; és a dir, el nivell del ciment ha d'estar a una cota més alta que la part més baixa de la canonada que es retira. Perquè aquesta operació es faci correctament cal estimar el volum de material necessari per emplenar la captació i preparar-lo prèviament a la retirada de la canonada. Si no és possible retirar la canonada, s'ha de fer el tall per a l'obertura de la camisa, omplir-lo amb material cimentant i construir-hi el tap superficial.
4. La clausura del darrer metre de la captació també es pot fer de dues maneres: si l'Administració considera que és necessari restituir el medi i el pou es localitza a més de 50 metres d'una edificació existent, el metre més superficial s'ha de cobrir amb sòl orgànic o un altre material que serveixi per restaurar completament el terreny. Quan el pou estigui a menys de 50 metres d'una edificació existent, o no es consideri necessari restituir el medi, s'ha de segellar amb formigó el darrer metre i construir un dau de formigó amb un pendent cap a l'exterior que sobresurti un mínim de 0,5 metres per sobre del terreny natural.

Si es disposa d'informació precisa i suficient de la profunditat i el gruix de cada aqüífer travessat, és possible posar sorres o graves netes a cada zona aqüífera i instal·lar únicament material segellant impermeable entre els aqüífers, amb cura que cada segell sobrepassi en ambdós extrems almenys 0,5 metres els límits de cada nivell aqüífer. Per evitar obstruccions o pont l'agregat s'ha d'abocar a poc a poc, controlant l'evolució del farciment i comprovant que no es formen ponts.

3.4.2.4. CLAUSURA DE POUS EN TERRENYS AMB TRENCAMENT LLEU

Quan el terreny presenta una trencament lleu s'han de fer les mateixes operacions que per als pous en aqüífers multicapa (vegeu l'apartat 3.4.2.2). Per tant, la primera passa és retirar la canonada del pou i després injectar el material cimentant. En aquest cas no és necessari que ambdues operacions siguin simultànies. Si no és possible retirar la camisa, igualment s'ha d'injectar el material cimentant, tot i que en aquest cas no és necessari fer els talls i les obertures al llarg de la canonada.

En qualsevol cas sempre és necessari tallar i extreure els tres metres de la canonada més superficials i col·locar el tap superficial com a la resta de captacions. Com en la resta de casos la clausura del darrer metre de la captació també es pot fer de dues maneres: si l'Administració considera que és necessari restituir el medi i el pou es localitza a més de 50 metres d'una edificació existent, el metre més superficial s'ha de cobrir amb sòl orgànic o un altre material que serveixi per restaurar completament el terreny. Quan el pou estigui a menys de 50 metres d'una edificació existent, o no es consideri necessari restituir el medi, s'ha de segellar amb formigó el darrer metre i construir un dau de formigó amb un pendent cap a l'exterior que sobresurti un mínim de 0,5 metres per sobre del terreny natural a la part central del pou i tingui una base d'una longitud mínima de 0,5 metres.

3.4.2.5. CLAUSURA DE POUS EN TERRENYS MOLT FRACTURATS O CARSTIFICATS

En aquest cas, a més de les tasques inicials de mesurament del nivell estàtic de l'aigua i la profunditat del pou, cal comprovar també a quina profunditat comença la cavitat càrstica o la zona de gran trencament, per adequar les operacions que s'han de fer dins del pou. En aquest tipus de pou, per les característiques geològiques i la mida dels buits, sovint no és fàcil o possible el farciment complet de la perforació. Però tot i això hi ha dues alternatives possibles, que són:

- a) Farciment de la cavitat amb clasts no contaminats de grans dimensions.
- b) Inserció d'un tap o obturador (*packer*) just a sobre del començament de la zona de fractura o el carst.

En ambdós casos, cal col·locar un tap de formigó per sobre de la zona carstificada d'almenys un metre de gruix. La resta del sondeig s'ha de clausurar d'acord amb els procediments ja descrits, segons les característiques del pou i del terreny. En qualsevol cas sempre cal tallar i extreure els tres metres de canonada més superficials i col·locar el tap superficial, com a la resta de captacions.

3.4.2.6. CLAUSURA DE POUS QUE BROLLEN

En el cas que el nivell piezomètric del pou sigui superior a la cota de la boca del pou (és a dir, quan el pou sigui deu), cal reduir la pressió de l'aigua i aturar-ne el flux ascendent. Això es pot aconseguir de dues maneres:

- a) Posar clasts al fons amb diàmetres de partícules menors a $\frac{1}{4}$ del diàmetre del pou.
- b) Mitjançant un obturador o *packer* que s'ajusti al diàmetre del pou i quedi a la major profunditat possible per sobre de la zona d'aportació d'aigua, per interrompre o disminuir el cabal de surgència.

Si amb cap d'aquests dos mètodes s'aconsegueix reduir la pressió ascendent de l'aigua, és necessari extreure parcialment la canonada de revestiment per sobre de la superfície del terreny a fi que el nivell estàtic quedi dins la canonada, i així poder segellar el pou.

Un cop continguda la surgència d'aigua, s'ha de segellar el pou seguint els procediments que s'exposen en els punts anteriors segons el tipus de terreny i aquífer. Les mesclures segellants s'han de preparar amb el mínim d'aigua possible per evitar la dilució abans del forjat i col·locar-les immediatament després de preparar-les en una maniobra contínua sense interrupcions.

3.4.2.7. CLAUSURA DE POUS DE NATURALES A DESCONEGUDA

En molts casos la informació disponible sobre la captació és força limitada i no és possible fer un projecte de clausura de pou relacionat amb les característiques de la captació. Així, és molt probable que es descongui si el pou està entubat o no, i quina és la situació de les zones aquíferes. En aquests casos, i pel fet que la captació pot comunicar diverses zones aquíferes amb nivells piezomètrics o qualitats

diferents, cal clausurar el pou de manera que s'asseguri que els aquífers no es connecten. Les passes que s'han de seguir són:

1. Retirar els elements de l'interior del pou (bomba, canonades, cables o altres elements) que es puguin deteriorar. És obligatori retirar les restes superficials de la canonada per poder fer un tap sanitari almenys en els dos metres superiors del pou. Quan l'encamisat és de PVC, és preferible destruir-lo mitjançant una nova perforació del pou.
2. Un cop s'han extret els elements aliens s'ha de bombar el pou per extreure'n l'aigua bruta i desinfectar-lo amb una solució d'hipoclorit.
3. Una vegada desinfectat s'ha de segellar mitjançant la injecció de ciment amb bentonita a pressió des del fons fins a dos metres de la superfície. En aquesta operació cal fer servir una canonada auxiliar per injectar el ciment.
4. La clausura dels darrers dos metres de la captació també es pot fer de dues maneres: si l'Administració considera que és necessari restituir el medi i el pou es localitza a més de 50 metres d'una edificació existent, el metre més superficial s'ha de cobrir amb sòl orgànic o un altre material que serveixi per restaurar completament el terreny (vegeu la figura 8 A). Quan el pou estigui a menys de 50 metres d'una edificació existent, o no es consideri necessari restituir el medi, s'ha de segellar amb formigó el darrer metre i construir un dau de formigó amb un pendent cap a l'exterior que sobresurti un mínim de 0,5 metres per sobre del terreny natural a la part central del pou i tingui una base d'una longitud mínima de 0,5 metres (vegeu la figura 8 B).

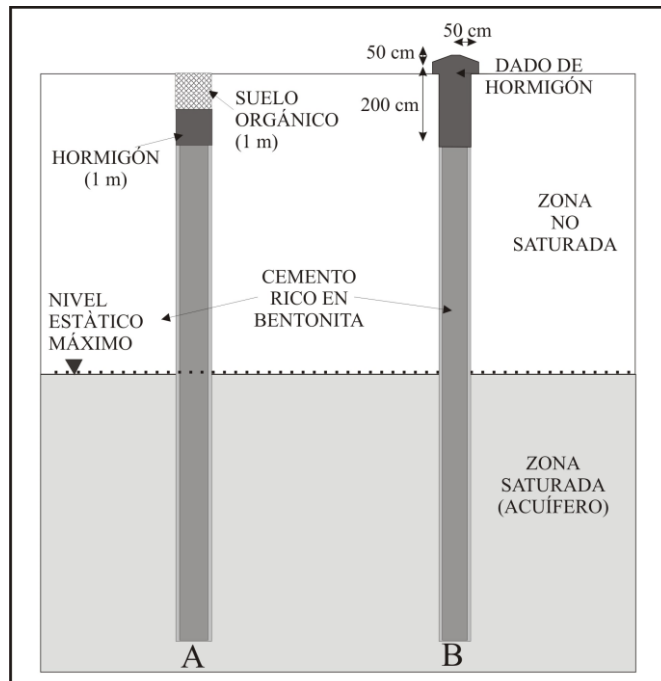


Figura 8: Esquema del procediment per a la clausura d'un pou de característiques desconegudes

3.5. Informe final

Per acabar les tasques de clausura l'empresa encarregada de l'obra ha d'elaborar un informe final de les tasques que s'han dut a terme, que s'ha de trametre al propietari del pou i a l'autoritat hidràulica. Aquest informe, que passarà a formar part de l'expedient de clausura del pou, ha de contenir la informació següent:

- Ubicació exacta del pou al mapa de detall.
- Dades recopilades sobre el pou.
- Materials i mètodes utilitzats per clausurar-lo.
- Procediments que s'han dut a terme.
- Fotografies del pou i l'entorn immediat abans, durant i després de l'actuació.