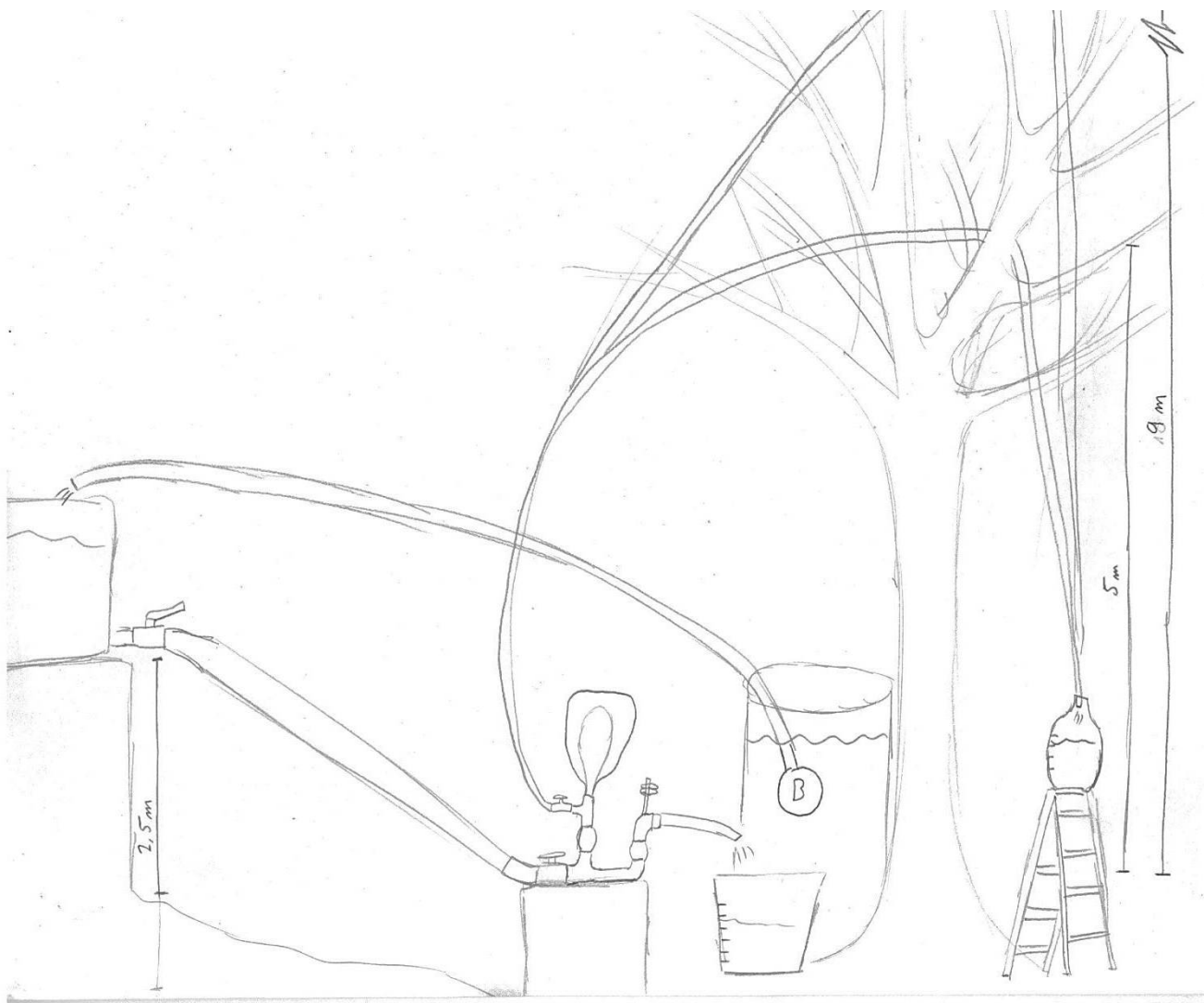


# L'Ariet hidràulic, un enginy oblidat



Institut La Garrotxa

Biel Mossoll Clos

2BTC

Josep Maria Poch Farré

Promoció 2012 - 2014



# Índex

---

1. Definició .....	5
2. Introducció .....	6
3. Part teòrica .....	9
3.1. Marc històric .....	9
3.2. Els ariets a la llera del Ser, a Santa Pau .....	10
3.2.1. Entrevistes.....	13
3.2.1.1. Entrevista a en Xicu de Can Riera .....	13
3.2.1.2. Entrevista a en Mingo de Can Gasparic .....	16
3.3. L'ariet hidràulic: els seus components .....	19
3.4. Funcionament de l'ariet .....	20
3.5. Principis físics.....	21
3.5.1. Cop d'ariet .....	21
3.5.2. Sobrepressió màxima .....	22
3.5.3. Velocitat d'ona .....	22
3.5.4. Règim del fluid .....	22
3.5.5. Pèrdua de càrrega .....	23
3.6. Parts de l'ariet .....	25
3.6.1. Vàlvules .....	25
3.6.1.1. Vàlvula de bola .....	25
3.6.1.2. Vàlvula de clapeta .....	25
3.6.1.3. Vàlvula de retenció .....	26
3.6.1.4. Vàlvula de fons .....	26
3.6.2. Càmera d'aire .....	27
3.6.3. Tubs .....	27

3.6.3.1. Colzes .....	28
3.6.3.2. Tes.....	29
3.6.3.3. Contrarosques de llautó.....	29
3.6.3.4. Rosca Mascle-Femella - Reducció .....	29
3.6.4. Espàrrecs .....	30
3.6.5. Femelles .....	30
3.7. Material emprat per construir l'ariet .....	31
3.7.1. Clau anglesa.....	31
3.7.2. Clau Stillson .....	31
3.7.3. Cargol de banc.....	31
3.7.4. Tefló.....	32
3.7.5. Cànem.....	32
4. Part pràctica .....	33
4.1. Problemes en l'ariet convencional.....	33
4.2. Solucions rudimentàries als problemes.....	33
4.3. Possibles solucions als problemes .....	34
4.4. Procés de construcció de l'ariet.....	36
4.5. Cost econòmic de l'ariet.....	42
4.6. Observacions peculiars i anècdotes .....	43
4.7. Recollida de dades i interpretació .....	44
5. Conclusions.....	57
6. Glossari .....	60
7. Agraïments .....	63
8. Bibliografia .....	64
9. Annex .....	66
9.1. Imatges .....	66
9.2. Dades.....	80

# 1. Definició

---

L'ariet hidràulic és una bomba d'aigua peculiar. El que la fa realment especial és que funciona aprofitant la força que produeix en el seu interior un corrent d'aigua quan és tallat brusquement i a intervals regular a través del fenomen hidràulic anomenat 'cop d'ariet', sense necessitat de cap altra font d'energia externa.

Si bé permet pujar aigua a altures considerables sense altre cost que el de la pròpia màquina, la seva eficiència és força limitada, raó per la qual avui és un enginy en desús, tot i haver estat molt estès anys enrere en les zones rurals i haver facilitat la vida a la pagesia abans de la generalització de l'electricitat.



Ariet definitiu

## 2. Introducció

---

En un primer moment, quan ens van explicar que havíem de dur a terme el treball de recerca, no tenia gens clar sobre què el volia fer. Per ser sincer, en aquells moments no estava segur ni tan sols de si havia encertat escollint el batxillerat tecnològic. En una primera pensada em van venir al cap un munt de temes interessants, però, tocant de peus a terra, els vaig anar descartant o bé per la complexitat d'execució o bé per manca de coneixements de base suficients sobre el tema.

L'ariet va aparèixer un dia sopant a casa. A casa meua, els temes de les converses a l'hora dels àpats acostumen a ser molt peculiars. No acostumem a parlar de futbol ni de programes de la televisió, sinó que ens passem els àpats debatent temes que m'han sorprès a classe, que surten al telenotícies... Aquell dia, el meu pare estava empipat perquè una riuada s'havia emportat la bomba d'aigua que tenim al riu i que utilitzem per pujar aigua a casa per regar. Va ser llavors quan va explicar les aventures que havien hagut de passar amb la meua mare abans que jo nasqués, quan al veïnat del Sallent encara no hi havia aigua corrent. Primer, amb la instal·lació d'una conducció de centenars de metres des d'una font que sovint, a l'hivern, es glaçava. Després amb bombes que es perdien o es feien malbé per culpa de les riuades o que els robaven. Va ser aleshores quan va explicar que antigament a Can Batlle i a d'altres cases del veïnat tenien uns enginys que pujaven l'aigua sense necessitat de fer-hi arribar electricitat i que no requerien massa manteniment. A més, s'instal·laven lluny del corrent del riu, evitant així el problema de les riuades.

Aleshores va parlar d'un veí, en Xicu, que en tenia en funcionament. Va dir que l'aniria a veure i intentaria construir-ne un per utilitzar a casa. Va ser llavors quan vaig veure clar sobre què faria el treball.

He d'admetre que, al principi, la realització del treball de recerca em va semblar que seria una feina relaxada i simple; tenia molts mesos per davant amb un estiu pel mig. El cert és que la recerca d'informació, tant a través d'internet com directament dels veïns va ser una feina entretinguda i sense massa maldecaps. Aquests van arribar després.

Entendre bé els principis físics que regeixen l'ariet no va ser fàcil i menys encara la construcció d'un que funcionés. Ha estat en aquesta part on m'he trobat els veritables entrebancs i on he comprovat les dificultats que presenta l'execució real d'un projecte i l'experimentació científica per tal d'extreure dades i conclusions. A la fi, l'estiu se m'ha fet curt i he hagut d'afanyar-me per enllestir la memòria.

Amb tot, he de dir que m'ho he passat molt bé experimentant amb l'ariet. Han estat molts matins d'estiu, xop davant l'ariet, alternant moments de decepció i d'alegria, esbrinant què fallava i afinant l'enginy per trobar solucions. El més important, però, ha estat descobrir el goig que produeix aquest procés, sobretot quan al final les coses funcionen.

### **Objectius:**

Estudiant els principis teòrics de l'ariet i el seu funcionament, el meu principal objectiu ha estat construir-ne un que funcioni i, a ser possible, millorar-ne l'eficiència i trobar solucions a alguns problemes que presenta.

A partir de les dades recollides en l'ariet inicial, l'objectiu primer ha estat experimentar amb variacions tant en l'altura de treball com en la d'elevació de l'aigua, buscant la combinació més eficient; és a dir, màxim cabal de pujada amb mínima pèrdua d'aigua.

Un altre objectiu no menys important ha estat el de trobar solucions a aspectes com la canalització de l'aigua que es perd en el funcionament de l'ariet, la reducció del soroll produït pel mecanisme en funcionament; així com procurar solucionar els problemes tècnics de l'ariet convencional, i minimitzar-ne les mides, fent-lo un enginy compacte i funcional.

### **Metodologia:**

Vaig començar recollint la informació necessària sobre principis de funcionament, construcció, models, elements, materials... Gran part d'aquesta informació la vaig trobar a internet, sobretot en webs sud-americanes. En aquells països, l'ariet és encara avui un artefacte molt utilitzat en les zones rurals per abastir d'aigua les petites poblacions.

Un cop vaig tenir prou informació, vaig decidir començar-ne la construcció. La veritat és que no tenia clar per on començar i vaig fer una visita a en Xicu de Can Riera, que n'és un expert. Vaig demana-li consell i em va ser de gran ajuda en les parts pràctiques del

treball. També vaig visitar en Mingo de Can Gasparic, qui em va donar molta informació sobre els antics ariets a les valls de Santa Pau i del Sallent.

Mentre per una banda començava a redactar la part teòrica de la memòria, vaig fer una llista dels components i materials necessaris per començar la construcció. Aleshores vaig voltar les ferreteries d'Olot i algunes de Girona a la recerca dels diferents components. Un cop tot muntat i resolt alguns petits entrebancs tècnics propis, m'imagino, d'un inexpert en instal·lacions hidràuliques, em vaig disposar a experimentar.

En un primer moment vaig centrar el treball en la comprovació i l'anàlisi dels principals handicaps que té l'ariet: la baixa eficiència, la pèrdua d'aigua i la barreja d'aire i aigua dins la càmera d'aire. Després de prendre les primeres dades i comprovar el que coneixia a través de la informació que havia recollit, vaig començar el disseny de prototips que donessin solució als problemes comentats, vaig analitzar-ne la viabilitat i vaig construir-los.

Per trobar la millor eficiència, calia recollir totes les dades que ens proporciona l'ariet: litres d'aigua perduda, litres d'aigua pujada, sobrepès que necessita la vàlvula en cada cas, obertura d'aquesta... fins a trobar la combinació que aporta la millor relació aigua pujada-aigua perduda.

Per recollir les dades vaig optar per treballar amb períodes de 10s, ja que és un temps representatiu del funcionament de l'ariet i és una mida justa per a poder recollir bé l'aigua.

Un cop recollides totes les dades, només calia treure conclusions.

Així doncs, el treball consta principalment de 4 parts. Comença amb una breu introducció seguida d'una part teòrica on s'expliquen els orígens històrics de l'ariet i la seva presència històrica a la vall del riu Ser al seu pas per municipi de Santa Pau. A continuació s'expliquen els principis físics que regeixen el funcionament de la màquina. La part central del treball la constitueix la practica: la recerca del material, fins a trobar el més adequat, el procés d'experimentació i muntatge de l'ariet, la presa de dades, i la part final de les conclusions.



## 3. Part teòrica

---

### 3.1. Marc històric

John Whitehurst era un rellotger i científic anglès que va viure del 1713 al 1788. Va inventar el que ell anomenava màquina de pulsació.

Aquesta màquina era impulsada manualment, però tenia una càmera d'aire, i treballava amb el mateix principi que l'ariet actual. Amb tot, no la va patentar i se'n desconeixen les propietats.

Joseph-Michel Montgolfier, el germà gran dels famosos Montgolfier, inventors del globus aerostàtic, va viure a França del 1740 al 1810. Ell va ser l'inventor de l'actual ariet hidràulic.

La seva família tenia una fàbrica de paper, una de les activitats de més alta tecnologia del segle XVIII, i amb

la mort del germà gran, va passar a de fer-se càrrec de la

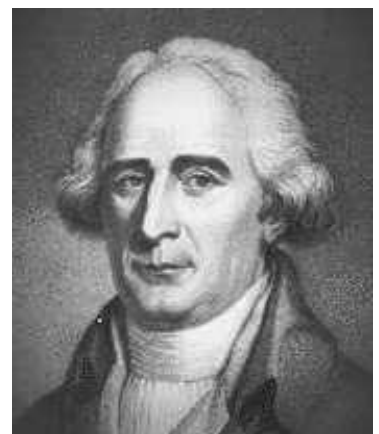
fàbrica. Ell, però, sempre havia estat el somiatruites de la família i, de petit, el van enviar a París per que estudiés arquitectura. L'ariet hidràulic el va inventar per facilitar l'entrada d'aigua a la fàbrica de paper, industria que requereix grans quantitats d'aigua. L'ariet, per tant, va significar una gran millora per a l'empresa.

Durant el segle XVIII i principis del XIX, l'ariet va ser un enginy molt popular, ja que era la manera d'abastir d'aigua les cases d'una forma pràctica i senzilla. El millor de l'ariet és que funciona sense electricitat. És aquesta característica el que el va fer tant popular. Avançat el segle XIX, però, amb

l'arribada de l'electricitat, va caure en desús perquè li van passar per davant les bombes que funcionaven amb energia elèctrica que, tot i gastar electricitat, tenien una eficiència força major que l'ariet.



John Whitehurst



Joseph-Michel Montgolfier

Però l'ariet hidràulic va continuar essent utilitzat a les zones rurals fins ben entrat el segle XX. Encara avui, és un enginy molt comú a zones subdesenvolupades, especialment a Sud-Amèrica. La falta d'abastiment d'energia elèctrica i les condicions climàtiques i geogràfiques d'aquestes zones -molts corrents d'aigua i un terreny amb forts desnivells- fan que l'ús de l'ariet sigui molt comú.



Globus Aerostàtic - Germans Montgolfier

També a la majoria de zones rurals del nostre país ha estat molt usat fins fa ben poc temps. Encara avui en podem trobar instal·lacions abandonades al llarg del curs de rius i rieres.

### 3.2. Els ariets a la llera del Ser, a Santa Pau

Jo visc a Santa Pau, municipi de la Garrotxa, al cor del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa; concretament, al veïnat del Sallent, a l'extrem de llevant del terme, a tocar dels municipis de Sant Ferriol i Mieres.

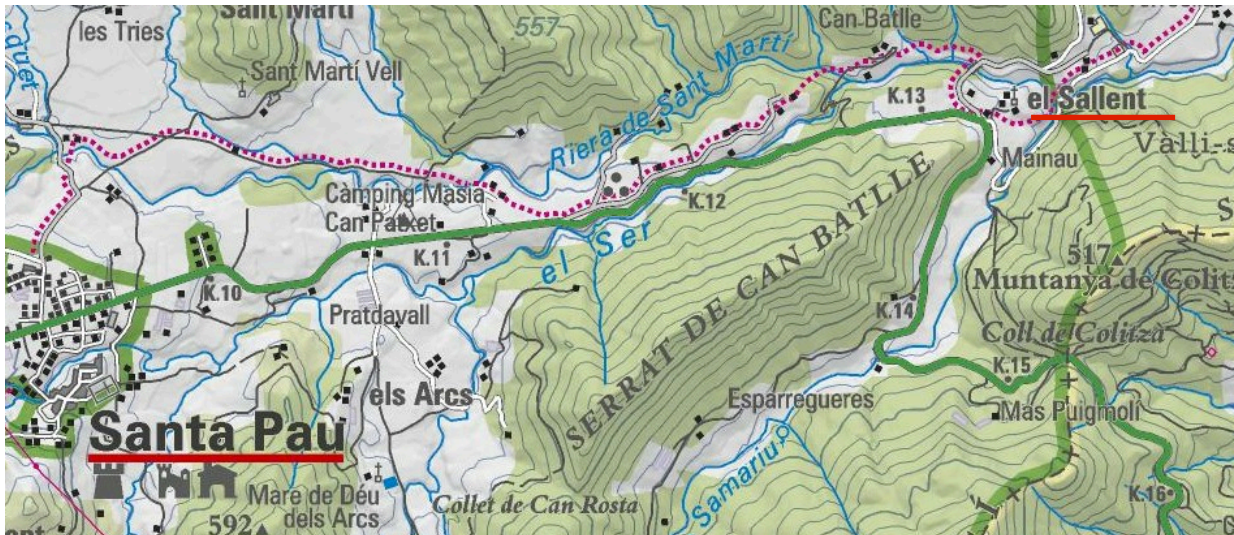


Vista aèria del veïnat del Sallent

Punt més baix del municipi, el Sallent recull les aigües que baixen de la serra de Finestres i de Sant Julià del Mont. El nucli del veïnat, presidit per l'església romànica de Sant Vicenç, està situat

sobre una antiga colada basàltica, erosionada a banda i banda per dos cursos d'aigua: la riera de Samariu, que baixa de Finestres, i el riu Ser, que desguassa les aigües que baixen de la vall de Santa Pau.

Just a sota les cases del veïnat hi ha l'aiguabarreig dels dos cursos d'aigua.



Per la seva situació geogràfica, El Sallent és una de les zones menys humides de la Garrotxa i, des de sempre, la seva població s'ha servit de les aigües que ofereix el riu.



**Salt del Sallent**

queda el record en els veïns de més edat i, en el millor dels casos, alguna resta de les antigues instal·lacions a la llera del riu.

Amb tot, l'orografia més aviat abrupte ha fet necessari anar a buscar l'aigua força avall.

Potser sigui aquesta la raó per la qual, al llarg del curs del Ser pel municipi, hi ha una colla de punts on anys enrere s'hi havien instal·lat ariets. Avui, tots han desaparegut i només en



**L'ariet de Can Batlle**



Els punts vermells en el mapa són les cases on hi havia ariets antigament. Avui, tots - excepte el de Can Riera i el de Ca la Teresa del Sallent, que és el que s'ha instal·lat per dur a terme el treball- han desaparegut o bé només en queden restes.

### 3.2.1. Entrevistes

Per tal d'obtenir informació de primera mà en l'àmbit de construcció de l'ariet, vaig anar a veure a dos persones que em van servir de gran ajuda a l'hora de confeccionar l'ariet i també en quant a la part més històrica, ja que m'explicaren com funcionaven les cases quan hi havia ariets, per que els feien servir...

#### 3.2.1.1. Entrevista a en Xicu de Can Riera

**Nom:** 'Xicu' Planella.

**Lloc:** Can Riera (Santa Pau)

**Data:** 16/2/2013

En Xicu és un home de pagès de tota la vida. Ara viu a Olot, però mena els camps de Can Riera. Ja de petit va començar a veure els ariets que muntava el seu pare i la gent de la zona. Can Riera és una masia situada sobre la colada basàltica que es troba a la vall de Santa Pau i que segueix el curs de l'actual riu Ser. La masia es



Can Riera

troba a tocar del riu, el qual ha erosionat la colada fins arribar a la roca sedimentària, d'on en brollen grans quantitats d'aigua en diverses surgències. És aquí on intervé en Xicu. Fins no fa gaires anys, a Can Riera no hi havia corrent elèctric i, per tal de pujar l'aigua del riu i de les diverses fonts que hi ha a la llera, uns 50 metres més avall, ja el seu pare feia servir els ariets.

En Xicu es va aficionar a construir-ne de ben jove. Mai, però, no els ha fet amb peces comprades, sinó treballant tubs i materials reciclats i econòmics amb el seu torn casolà. Tota la vida ho ha fet de la mateixa manera i alguns dels problemes que se li han plantejat els ha resolt de forma prou enginyosa.

Per exemple, la càmera d'aire que genera la pressió necessària per pujar l'aigua sovint se li omple d'aigua. Ell atribueix aquest fet a que amb la pressió que es produeix dins la

càmera, les soldadures es debiliten i es generen petits porus pels quals s'escapa l'aire deixant que ocupi el seu espai l'aigua. El seu raonament pot explicar-ho en part però no



Càmera d'aire casolana

totalment, ja que el fenomen també es produeix en càmeres industrials sense porus. L'explicació és que amb el freqüent pas de l'aigua en moviment per la càmera d'aire, part d'aquesta reté petites bombolles d'aire i se les emporta. Aquest procés es repeteix cada cicle de l'ariet i, amb el temps, l'aigua acaba ocupant l'espai de l'aire

dins la càmera i l'ariet deixa de funcionar. Ell ha solucionat aquest problema afegint una petita clau de pas que dona sortida a l'exterior de la càmera d'aire. Periòdicament baixa a la zona on te instal·lats els ariets per comprovar que funcionen correctament. Si n'hi ha algun d'aturat perquè se li ha omplert d'aigua la càmera d'aire, tanca la clau d'entrada d'aigua a l'ariet i obre aquesta clau per deixar sortir l'aigua. Un cop fet això, obre de nou la clau d'entrada i l'ariet es torna a posar en funcionament.

Un altre del problemes amb que es troba en Xicu és que les gomes que posa a les juntes entre els tubs i la càmera d'aire per afavorir l'estanqueïtat, amb la pressió es deformen i acaben sortint de la junta amb la consegüent pèrdua d'aigua i de pressió. La seva solució és fer una rebava que impedeix la sortida de la goma.



Soldadura de l'extrem superior del tub

També acostumen a ser problemàtiques les soldadures. La càmera d'aire la fabrica soldant una placa de metall a un tub força gran, d'uns 10cm de diàmetre. Amb la pressió que es genera dins la càmera, la soldadura entre la placa circular i el tub es trenca. Per evitar-ho, solda la tapa mig centímetre dins el tub, aconseguint així que el material de

soldadura que s'hi aplica sigui major i que la resistència que es crea sigui més gran i suporti millor la pressió.



Enginy per arrencar l'ariet si s'ha parat per falta d'aigua

Però si alguna cosa és enginyosa, aquesta és el sistema per engegar automàticament l'ariet en cas que s'hagi aturat per falta momentània d'aigua en el circuit. L'ariet està parat amb la conducció d'entrada plena d'aigua. Amb la pressió, la vàlvula de sortida està tancada.

Com que a Can Riera l'aigua que omple els dipòsits que alimenten l'ariet no para de rajar mai a no ser que hi hagi sequera, en no circular per l'ariet aturat, el dipòsit s'omple i acaba sobreeixint. L'aigua sobrant alimenta un altre dipòsit que, a través d'un altre conducte, va a parar a un recipient subjectat en un extrem d'una barra metàl·lica en equilibri sobre un eix. Quan l'aigua omple el recipient, el pes acciona el braç i aquest cau just sobre la vàlvula de sortida fent que s'acciioni l'ariet.

En Xicu construeix els seus ariets amb un torn. Els dos components bàsics de l'ariet són les dues vàlvules, la de retenció i la de sortida. Aquesta última la construeix de manera manual.



Un dels ariets de Can Riera

Per fer-ho utilitza:

- tub metàl·lic de una polzada
- placa metàl·lica d'uns 5mm de gruix
- secció de tub roscat de ½ polzada
- 4 barres roscades de 5mm de diàmetre
- un bloc compacte de metacrilat amb el que torneja:
  - una peça de 50mm de radi, 20mm de gruix i amb un forat de 15mm de radi.
  - un semicercle de 50mm de diàmetre amb un forat de 7mm al centre.
- volanderes
- segment de 5cm de tub roscat d'1"
- barra metàl·lica de 5/6mm de diàmetre
- placa metàl·lica d'un mm de gruix
- tros de goma pneumàtica plana de 5/10mm de gruix.

### 3.2.1.2. Entrevista a en Mingo de Can Gasparic

En Mingo és un home gran, propietari de Can Gasparic. Actualment viu a Olot, però manté la casa on va créixer quan els seus pares n'eren masovers. Can Gasparic és una casa més de l'extensa propietat de Can Batlle, la masoveria més important del Sallent. Quan els amos de Can Batlle es van vendre part de les seves propietats, en Mingo va comprar Can Gasparic, ja que li feia il·lusió conservar el lloc on havia passat la major part de la seva vida. Can Gasparic és actualment la seva segona residència.

La masia de Can Batlle tenia un pou just sobre el Salt de Can Batlle, també anomenat Salt del Sallent. En aquest punt, les aigües del Ser superen el desnivell que separa la vall de Santa Pau de la vall del Sallent, camí de la seva confluència, just sota el petit veïnat del mateix nom, amb la riera de Samariu, procedent de la Serra de Finestres. Antigament, aquest pou sempre era ple d'aigua i abastia un ariet que hi havia just a sota, uns quants metres més avall, i que abastia d'aigua Can Gasparic.

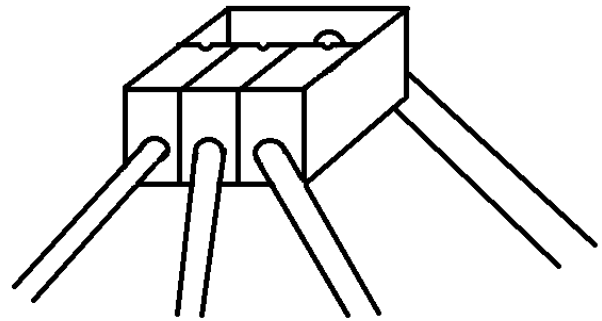
Quan en Mingo era petit, els amos de Can Batlle van comprar l'ariet a Sant Esteve de Llémena. Un home els construïa artesanalment, pel que sembla, tenien fama de funcionar molt bé. El van instal·lar prop del riu, a uns 10 metres de desnivell del pou



que l'abastia. Del pou sortia un canal que portava l'aigua cap a un decantador. Allà la brutícia que portava l'aigua es dipositava al fons i, un tub col·locat a la part superior, dirigia l'aigua cap a l'ariet. El tub que conduïa l'aigua, d'uns 10cm de diàmetre, era de plom, com tot l'ariet. Les vàlvules també estaven fetes de plom i de trossos d'espardenya. Els pares d'en Mingo utilitzaven l'aigua que els proporcionava l'ariet per a regar els horts, cuinar, rentar-se, omplir la bassa...

Quan els amos de Can Batlle es van vendre la propietat, van repartir tots els terrenys. Com que en Mingo va ser el primer de comprar part del terreny (Can Gasparic), li van atorgar el control del pou i de l'ariet, amb la condició que havia de repartir l'aigua que subministrava entre les altres propietats de Can Batlle: la Carreteria i Can Tomàs. La casa de Can Batlle no en tenia necessitat, ja que en tenia un de propi que es troba just sobre la bassa del molí.

Per distribuir l'aigua de l'ariet entre les tres cases, va fer un distribuïdor, una mena de dipòsit d'obra on recollia l'aigua que pujava l'ariet. Aquest estava dividit per la meitat. Quan la primera



meitat s'omplia, sobreeixia i emplenava les tres parts en que estava seccionada l'altre meitat. De cada una d'aquestes parts en sortia un tub que anava a cada casa.

Com que ell era l'encarregat de l'ariet i del pou, si necessitava més aigua que la que li



proporcionava l'ariet, posava una bomba hidràulica elèctrica i pujava l'excedent d'aigua que sempre perd l'ariet i que recollia en un altre dipòsit en lloc de retornar-la al riu. Així ell tenia més aigua per regar...

Caseta de l'ariet de Can Batlle



Pou de Can Gasparic

Actualment l'ariet està en desús. Amb l'arribada de l'aigua corrent al Sallent el 2006, la majoria dels ariets es van arraconar. En Mingo però no el va deixar de fer servir per aquesta raó, ja que el podia haver continuat utilitzant per regar. L'ariet de Can Gasparic va quedar en desús perquè el tub que

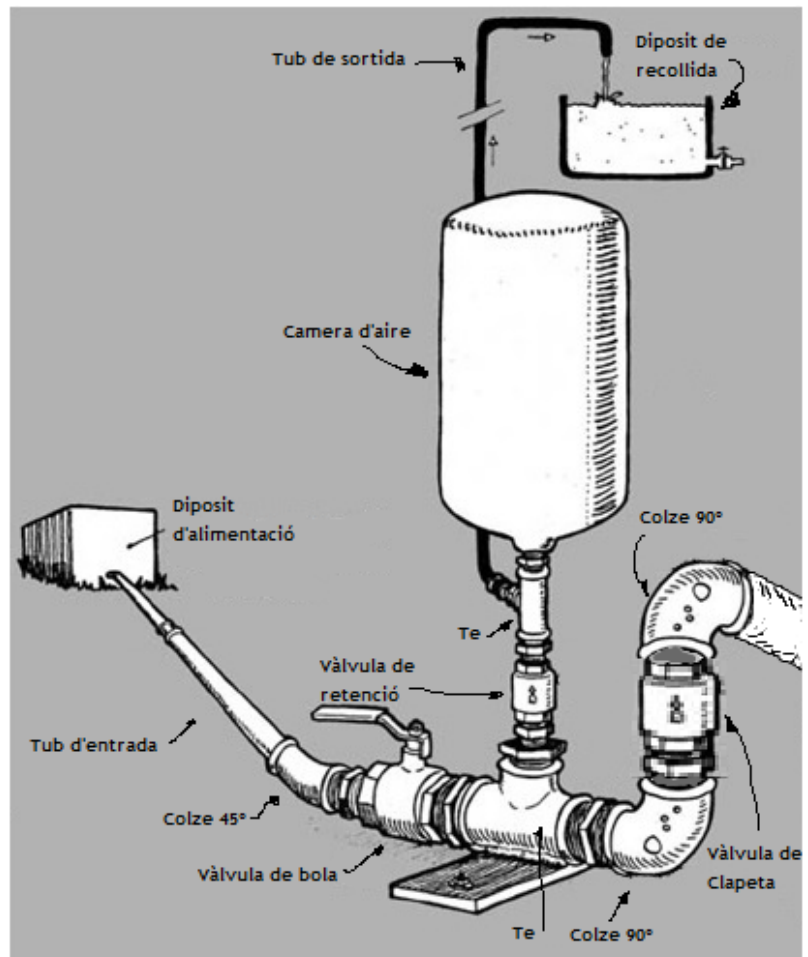
portava l'aigua era de plom i, amb les constants estrebades de l'aigua i l'ús continuat, es va acabar oxidant i finalment foradant. Quan això va passar, en Mingo ja vivia a Olot i baixar al riu a canviar el tub o a reparar l'ariet era una murga; més, tenint en compte l'orografia del terreny i el cost econòmic. Ara, però, en Mingo m'ha animat a arreglar-lo. Possiblement, amb el seu ajut farem tornar a funcionar un ariet molt antic i peculiar.



Antiga canonada de l'ariet de Can Batlle

### 3.3. L'ariet hidràulic: els seus components

- Punt d'alimentació d'aigua. Hi ha d'haver un cabal d'aigua constant i continu (dipòsit d'alimentació)
- Tub d'alimentació. Ha de ser rígid i recte per transmetre la màxima energia. ( tub d'entrada)
- Vàlvula d'entrada. És opcional. Pot estar col·locada just abans de l'ariet, o al principi del tub d'entrada. Serveix per tallar el cabal d'aigua que entra a l'ariet i així aturar-ne el funcionament. (vàlvula de bola)
- Vàlvula de sortida. És la vàlvula que deixa anar una mica d'aigua abans de tancar-se. Al tancar-se es crea una gran pressió a l'ariet que fa obrir la vàlvula de retenció. (vàlvula de clapeta)
- Vàlvula de retenció. Aquesta vàlvula s'obre quan s'ha tancat la vàlvula de sortida i deixa entrar una mica d'aigua cap a la zona de la càmera d'aire i el tub de sortida. (vàlvula de retenció)
- Càmera d'aire. És la càmera que conté l'aire que es comprimeix en entra-hi aigua i dona força a l'aigua per sortir pel tub de sortida. (càmera d'aire)
- El tub de sortida. No cal que sigui rígid ni recte. (tub de sortida)



### 3.4. Funcionament de l'ariet

L'aigua arriba pel tub d'entrada des d'una font d'alimentació. Aquesta ha de ser continua i suficient per omplir totalment la canonada. És preferible que l'aigua que entra a l'ariet hagi estat prèviament filtrada per evitar pols, pedres o impureses que poguessin malmetre els mecanismes.

Hi ha d'haver un desnivell mínim de 100cm des de la font d'aigua fins l'ariet, i el tub ha de tenir un pendent suficient per que l'aigua arribi a l'ariet amb la força necessària per aconseguir la pressió requerida per obrir la vàlvula de retenció.

Quan l'aigua entra a l'ariet, la primera vàlvula que troba, la de retenció, està tancada i segueix el seu curs cap al final de l'ariet. Allà hi ha la vàlvula de sortida, que està oberta. Per tant, una petita quantitat surt i es perd. La fricció que fa l'aigua contra la vàlvula fa que es tanqui de cop i es creï, de sobte, una pressió molt forta dins l'ariet. Aquest fenomen s'anomena cop d'ariet. És produeix pel tancament sobtat d'una vàlvula mentre tota l'aigua que li va al darrere encara flueix. L'aigua que va directament darrere de la que ha quedat obstruïda xoca contra aquesta i així successivament fins que la pressió es dissipa. Aquest excés de pressió obre la vàlvula de retenció i entra una petita part d'aigua cap a la càmera d'aire. Això fa que es redueixi momentàniament la pressió i que la vàlvula torni a tancar-se. Per la seva banda, la vàlvula de sortida, que estava tancada per la pressió, s'obre, tornant a iniciar el procés de funcionament de l'ariet.

Quan l'aigua entra a la càmera d'aire, com que el tub de sortida fa molt pendent cap amunt, no pot pujar i es posa dins la càmera, comprimint cada cop més l'aire fins al punt que la força que exerceix la pressió de l'aire contra l'aigua que ocupa part de la càmera d'aire s'igualava amb la força que necessita l'aigua per ascendir pel tub de sortida. L'aigua no flueix pel tub de sortida de manera contínua sinó que ho fa a batzegades. A cada cicle que es completa dins l'ariet, una quantitat d'aigua, sempre la mateixa, entra dins el tub de sortida i el va omplint de mica en mica fins que s'arriba a l'altura on es vol deixar l'aigua. El punt d'elevació de l'aigua depèn de la càmera d'aire i el cabal d'entrada. En funció de l'aigua que vulguem pujar haurem de tenir en compte la càmera i el cabal d'entrada. Pot ser que la pressió que exerceixi la càmera d'aire sobre l'aigua no sigui suficient per elevar l'aigua pel tub de sortida o simplement que la pressió que es produeixi durant el cop d'ariet no sigui suficient per obrir la vàlvula de retenció.

## 3.5. Principis físics

### 3.5.1. Cop d'ariet

El cop d'ariet s'origina perquè el fluid és lleugerament elàstic (tot i que en diverses situacions es pot parlar de fluid no compressible). En conseqüència, quan es tanca bruscament una vàlvula o una aixeta instal·lada a l'extrem d'una canonada de certa longitud, les partícules de fluid que s'han detingut són empeses per les que vénen immediatament darrere i que segueixen encara en moviment. Això origina una sobrepressió que es desplaça per la canonada a una velocitat que pot superar



Cop d'ariet. Can Riera

la velocitat del so en el fluid. Aquesta velocitat depèn de la rigidesa del material de que està feta la canonada. Aquesta sobrepressió té dos efectes: comprimeix lleugerament el fluid, reduint el seu volum, i dilata lleugerament la canonada.

Quan tot el fluid que circula per la canonada s'ha aturat, per l'impuls que el comprimia i, per tant, tendeix a expandir-se. D'altra banda, la canonada que s'havia eixamplat lleugerament tendeix a reprendre la seva dimensió normal. Conjuntament, aquests efectes provoquen una altra ona de pressió en el sentit contrari. El fluid es desplaça en direcció contrària però, a l'estar la vàlvula tancada, es produeix una depressió a la canonada. En definitiva, el cop d'ariet és un fenomen

ondulatori. Al reduir la pressió, el fluid pot passar a estat gasós formant una bombolla mentre que la canonada es contrau. És aquest fet el que arruga les canonades i les fa malbé. El cop d'ariet és un fenomen perillós en una instal·lació hidràulica.

### 3.5.2. Sobrepressió màxima

És la pressió màxima que es genera dins l'ariet en cada cicle.

$$C \cdot (V_o/g)$$

- $C$  = velocitat de l'ona (velocitat relativa respecte al fluid) de sobrepressió o depressió.
- $V_o$  = és la velocitat mitjana del fluid en règim laminar
- $g = 9,8\text{m/s}^2$  és l'acceleració de la gravetat.

### 3.5.3. Velocitat d'ona

És la velocitat de l'ona dins l'ariet en cada cicle

$$C = \sqrt{\frac{\frac{K}{r_o}}{1 + K \cdot \frac{D}{E \cdot e}}}$$

- $K$  = mòdul elàstic del fluid.
- $r_o$  = densitat del fluid.
- $E$  = mòdul de l'elasticitat del tub (Mòdul de Young) -depèn del material del tub.
- $e$  = espessor de les parets de la canonada.
- $D$  = diàmetre del tub.

### 3.5.4. Règim del fluid

És el tipus de moviment del fluid dins els tubs de l'ariet.

Per determinar el règim del fluid, es necessita el número de Reynolds. Aquest número determina si el fluid es comporta de manera laminar o turbulenta. Si el nombre resulta més petit o igual a 2100, el règim del fluid és laminar. Si surt entre 2100 i 10000, el

fluid no és del tot laminar però tampoc turbulent. Però si surt superior a 10000, el fluid té un règim turbulent.

$$Re = \frac{\rho v_s D}{\mu}$$

- $\rho$  = densitat del fluid
- $v_s$  = velocitat característica del fluid (m/s)
- $D$  = diàmetre del tub per on passa el fluid
- $\mu$  = Viscositat del tub

Temperatura (°C)	Pes específic (KN/m <sup>3</sup> )	Densitat (kg/m <sup>3</sup> )	Mòdul de l'elasticitat (kN/m <sup>2</sup> )	Viscositat dinàmica (N·s/m <sup>2</sup> )	Viscositat cinemàtica (m <sup>2</sup> /s)	Tensió superficial (N/m)	Pressió de vapor (kN/m <sup>2</sup> )
15	9,798	999,1	2,15·10 <sup>6</sup>	1,139·10 <sup>-3</sup>	1,139·10 <sup>-6</sup>	0,0735	1,70

### 3.5.5. Pèrdua de càrrega

Al circular l'aigua per una canonada, com que porta una velocitat, al tocar la paret es crea una força de fregament que fa perdre velocitat a l'aigua. Quan més gran sigui la velocitat de l'aigua, major serà el fregament que hi haurà. La pèrdua d'energia per fricció es representa amb la fórmula:

$$A_f = J \cdot L$$

- $A_f$  = pèrdua d'energia (m)
- $J$  = pèrdua de càrrega per cada metre lineal de canonada (m/m)
- $L$  = longitud de la canonada (m)
- La  $J$  es calcula mitjançant la equació de Hazen y Williams:

$$J=Q^{1,85}/(0,28\cdot C)^{1,85}\cdot D^{4,86}$$

- Q = cabal a transportar (m<sup>3</sup>/s)
- D = diàmetre interior de la canonada (m)
- C = coeficient de rugositat Hazen y Williams - **Acer galvanitzat - 120**

Per calcular el **cabal elevat** per l'ariet, es necessita la següent equació:

$$q=R\cdot Q\cdot h/H$$

- R = El rendiment de l'ariet representa el percentatge d'aigua que pot bombejar l'ariet relacionat amb l'aigua total que entra a l'ariet. Aquest tant per cent varia en funció del coeficient H/h
- H = altura d'elevació
- h = desnivell de treball
- q = cabal elevat
- Q = cabal d'alimentació

H/h	2	3	4	6	8	10	12
R	0,85	0,81	0,76	0,67	0,57	0,43	0,23



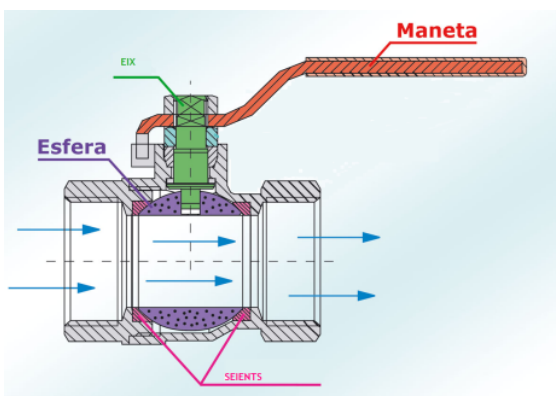
## 3.6. Parts de l'ariet

### 3.6.1. Vàlvules

#### 3.6.1.1. Vàlvula de bola

La vàlvula de bola, coneguda també com "d'esfera", és un mecanisme que serveix per regular el flux d'un fluid canalitzat i es caracteritza perquè el mecanisme regulador situat a l'interior té forma de esfera perforada.

S'obre mitjançant el gir de l'eix unit a l'esfera o bola perforada, de manera que permet el pas del fluid quan està alineada la perforació amb l'entrada i la sortida de la vàlvula. Quan la vàlvula està tancada, el forat estarà perpendicular a l'entrada i a

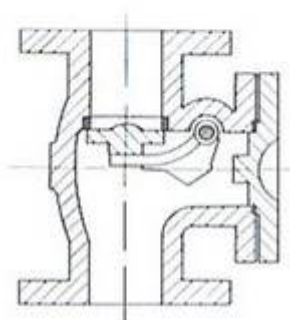


la sortida. La posició de la maneta d'actuació indica l'estat de la vàlvula (oberta o tancada).

Aquesta vàlvula servirà per deixar entrar o no l'aigua a l'ariet. Estarà situada just abans del tub en forma de T que hi ha al inici de l'enginy.

#### 3.6.1.2. Vàlvula de clapeta

La vàlvula de clapeta és una vàlvula de no retorn; la seva feina és deixar passar l'aigua en un sentit però no en l'altre. Aquesta vàlvula es troba a la part final de l'ariet i, en aquest cas, la seva funció serà tancar el pas de l'aigua. Per això és



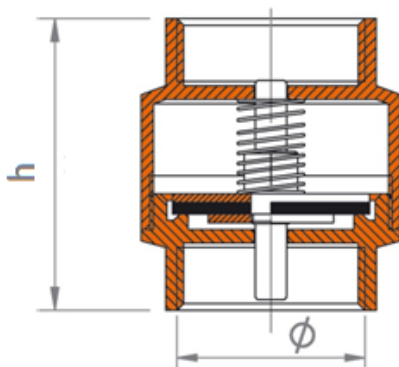
La vàlvula es posa de forma vertical, tal com mostra la imatge. Pel seu propi pes, la pestanya que tanca la vàlvula està oberta ( al contrari que a la imatge). L'aigua entrarà per sota i, amb la fricció, la pestanya es tancarà.

possible que s'hagi de modificar una mica per tal que funcioni correctament. Estarà col·locada verticalment perquè, quan la pressió dins aquest es vegi reduïda, el propi pes de la vàlvula faci que s'obri.

### 3.6.1.3. Vàlvula de retenció amb molla

Aquesta vàlvula és la que es troba just abans de la càmera d'aire. És una vàlvula de retenció. Està pensada per estar tancada i que, amb la pressió d'un fluid, s'obri. En l'ariet la seva utilitat serà la mateixa però, com que la pressió que es pot produir dins l'ariet és bastant alta i aquestes vàlvules treballen a pressions baixes, pot ser que l'hàgim de modificar una mica per fer més dura la seva obertura.

Per altra banda, per tal de maximitzar la quantitat d'aigua que entra a la càmera, la vàlvula de retenció que utilitzarem en l'ariet és una vàlvula cònica. Això significa que la part que l'aigua ha de prémer perquè s'obri, en lloc de ser plana, que donaria molta resistència a l'aigua, té forma de con; d'aquesta manera, entrarà més aigua a la càmera d'aire, fet que ajudarà a augmentar l'eficiència de l'ariet.



La vàlvula es situa de forma vertical, tal com es mostra a la imatge. L'aigua entrarà per sota. Amb la pressió que aquesta farà sobre la molla, aquesta s'arronsarà deixant pas a l'aigua. Quan la pressió que exerceixi l'aigua no sigui suficient per mantenir la molla arronsada, aquesta es descomprimirà i la vàlvula es tornarà a tancar.

### 3.6.1.4. Vàlvula de fons

Aquesta vàlvula es troba al final de l'ariet. És la que dóna sortida a l'aigua que es perd. Aquesta vàlvula té la funció de tancar-se amb el pas de l'aigua cap a l'exterior. Al tancar-se es crea una sobrepressió que fa obrir la vàlvula de retenció. Aquesta vàlvula, en l'ariet confeccionat durant el treball està modificada.



### 3.6.2. Càmera d'aire

La càmera d'aire ha de ser un recipient estanc on hi hagi alhora aigua i aire. L'aigua ha d'anar entrant progressivament a la càmera per la vàlvula de retenció amb molla tot comprimint l'aire.



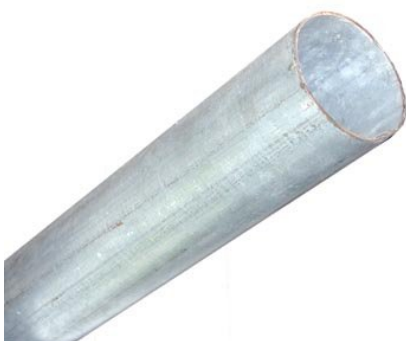
Un problema molt comú en els ariets és que petites bombolles d'aire es barregen amb l'aigua i marxen de l'ariet pel tub de sortida. Això, en principi, no és important, però si l'ariet treballa les hores suficients com per que tot l'aire de la càmera se'n vagi, la pressió que es crea dins aquesta és molt gran i es pot acabar espatllant, ja que continua entrant aigua a la

càmera i no hi ha aire que faci de coixinet. És per això que hem optat per utilitzar com a càmera d'aire un vas d'expansió, que manté sempre separats aigua i aire mitjançant una membrana. D'aquesta manera, s'evitarà el problema.

Per altra banda, el fet de no haver-la de construir soldant tubs i ferro, farà que la estanqueïtat del circuit sigui molt millor, ja que qualsevol fuga acabaria afectant el funcionament de l'ariet. Totes aquestes hipòtesis, però, no es podran confirmar fins que l'ariet estigui construït i llest. Només aleshores sabrem si l'opció del vas d'expansió com a càmera d'aire ha estat encertada.

### 3.6.3. Tubs

Els tubs que utilitzarem per a construir l'ariet son d'acer galvanitzat. L'acer galvanitzat



és un acer cobert per una capa de zinc, metall que s'oxida molt ràpidament, esdevenint un protector de l'acer. Sembla estrany que per protegir un material se'n faci servir un que justament fa el que no vols que li passi a l'altre. I és justament per això que s'utilitza el zinc. L'acer es recobreix de zinc, aquest s'oxida ràpidament fent una capa d'òxid molt resistent que protegeix l'acer

que té a sota. Les capes d'òxid del zinc no són com les del ferro que s'escanten, sinó que queden molt ben adherides a l'acer, cosa que fa que aquest estigui del tot protegit. Aquest procés s'anomena galvanitzat, i s'utilitza en molts materials urbanístics que han

d'estar exposats a la intempèrie durant molt de temps, com és el cas, per exemple, dels pals que aguanten els senyals de trànsit. Precisament hem escollit aquest material per aquestes característiques, tot i que l'ariet que hem dissenyat no es mullarà, però sí estarà exposat a les inclemències del temps.

### 3.6.3.1. Colzes

Per tal que l'ariet funcioni correctament, la vàlvula de "clapeta" ha d'estar en posició vertical. Com que la posició de l'ariet és horitzontal, per passar a vertical utilitzarem un colze de 90°, així la vàlvula estarà vertical. A més, pel fet de ser un colze arrodonit, evitarem perdre l'energia de l'aigua amb xocs innecessaris contra parets rectes. Així, el colze de 90° ens ajudarà a transportar l'aigua en la direcció que volem i amb la seguretat de no perdre gaire energia.



Per tal de minimitzar el fregament de l'aigua dins l'ariet, els colzes que utilitzarem són mascle-femella. D'aquesta manera estalviarem posar-hi una contrarosca de llautó. Quants menys punts d'unió hi hagi dins l'ariet, menys fregament.

Per tal que l'entrada de l'aigua a l'ariet sigui el més eficient possible, la hi farem arribar per una canonada amb 45° d'inclinació. Just abans de la vàlvula de bola, instal·larem un colze de 45° que donarà entrada a l'aigua a l'ariet. Així aconseguirem que l'aigua no perdi força i entri el màxim de ràpid possible. L'aigua arribarà amb aquesta inclinació perquè el funcionament de l'ariet requereix un desnivell mínim d'un metre entre aquest i el dipòsit d'alimentació. D'aquesta manera, l'energia potencial de l'aigua serà suficient per convertir-se en cinètica i activar les vàlvules de l'ariet tot i perdre energia en el treball de la força de fregament. Aquest colze, també és mascle-femella.



### 3.6.3.2. Tes

Per distribuir l'aigua per l'ariet es necessiten dues tes. Una va situada just després de la vàlvula de bola, i és la que porta l'aigua cap a la vàlvula de clapeta o cap a la de retenció. L'altra te està situada després de la vàlvula de retenció. Aquesta segona porta l'aigua cap a la càmera d'aire i cap al tub de sortida que condueix l'aigua que bombeja l'ariet cap on desitgem. Aquestes dues tes són d'acer inoxidable, ja que l'ariet està constantment en contacte amb l'aigua, i per evitar que es rovelli, l'acer els proporciona la protecció suficient.



### 3.6.3.3. Contrarosques de llautó

Les contrarosques de llautó serveixen per unir dos components de l'ariet que són femelles. Consta d'una rosca que al mig té un hexàgon que separa la rosca en dos. Té aquesta forma per tal que si puguin rosca dues peces femelles, una per cada costat. Aquestes contrarosques es troben entre les dues tes i la vàlvula de retenció, i entre un colze de 90° i la vàlvula de clapeta. En total n'hi ha tres.



### 3.6.3.4. Rosca mascle femella – Reducció de ¾ a ½ de polzada

La rosca de reducció és una rosca finita situada entre la te que hi ha sobre la vàlvula de retenció i la càmera d'aire. S'ha de posar ja que l'entrada de la càmera d'aire és de ½ de polzada, i la rosca de la te és de ¾ de polzada.



### 3.6.4. Espàrrecs

L'espàrrec serà un element que utilitzarem per modificar la vàlvula de fons. El soldarem a la base de la vàlvula per afegir-hi pes. Serà també l'element que ens permetrà augmentar de forma controlada el pes sobre la vàlvula roscant-hi femelles.



### 3.6.5. Femelles

Roscades a l'espàrrec, les femelles ens permetran augmentar o reduir els pes que exercim sobre la vàlvula, controlant així el nombre de batecs d'aquesta.



## 3.7. Material emprat per construir l'ariet

### 3.7.1. Clau anglesa

La clau anglesa s'utilitza per cargolar fort els components de l'ariet, per tal que quedin perfectament alineats, ben cargolats i no hi hagi pèrdues.



### 3.7.2. Clau Stillson

La clau Stillson s'utilitza per cargolar tubs que no tenen forma hexagonal i que, per tant, no es poden agafar correctament amb la clau anglesa. A més, al ser gran i llarga, aquesta clau va molt bé per collar bé els components, ja que la força de palanca que fa és molt gran, i quan dos peces ja estan molt collades, amb la Stillson, sempre es pot donar l'últim toc.



### 3.7.3. Cargol de banc

Per subjectar l'ariet fermament i que no es mogui, es fa servir el cargol de banc. Aquesta eina està acoblada a la taula de treball o banc i prem amb molta força la peça, però sense ratllar-la. Així, un cop subjectada, es pot treballar molt bé amb les claus i cargolar a la perfecció totes les rosques que hi ha a l'ariet.



### 3.7.4. Tefló

El tefló és politetrafluoretilè, un polímer inert. El fet que no reaccioni amb cap substància el fa ideal per a moltes coses. En la construcció de l'ariet, l'utilitzem com a aïllant. Les seves propietats són molt bones per segellar canonades, ja que és aïllant, antiadherent, incombustible, flexible, elàstic, i no s'altera amb l'acció de la llum. Així, el tefló es posa a les rosques de les peces que hem d'unir per ajustar-les perfectament. El tefló afegeix una mica de gruix i fa que les juntes entre les peces no perdin aigua.



### 3.7.5. Cànem

El cànem és una fibla vegetal. Serveix per fer cordes, teixits, sacs... Però en el món de la fontaneria es fa servir per aïllar i segellar les juntes entre rosques. L'avantatge sobre el tefló és que és més gruixut i protegeix millor de les fugues. A més a més, a l'hora d'alinear les peces, s'ha de posar un cert gruix entre les rosques. El tefló no és suficient, ja que per molt que se n'hi posi, es trenca amb la pressió i es comprimeix. El cànem, en canvi, afegeix aquest extra de resistència a la compressió.





## 4. Part pràctica

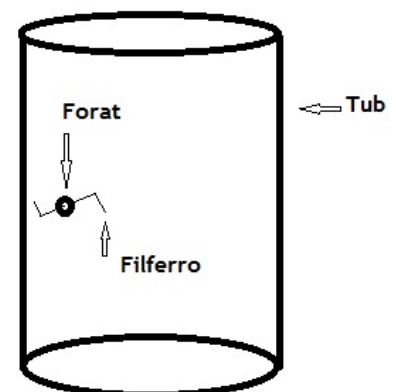
### 4.1. Problemes en l'ariet convencional

L'ariet convencional té una sèrie de problemes poc importants atenent a l'ús que se'n fa però no desestimables si volem millorar-ne el rendiment. Els més remarcables són:

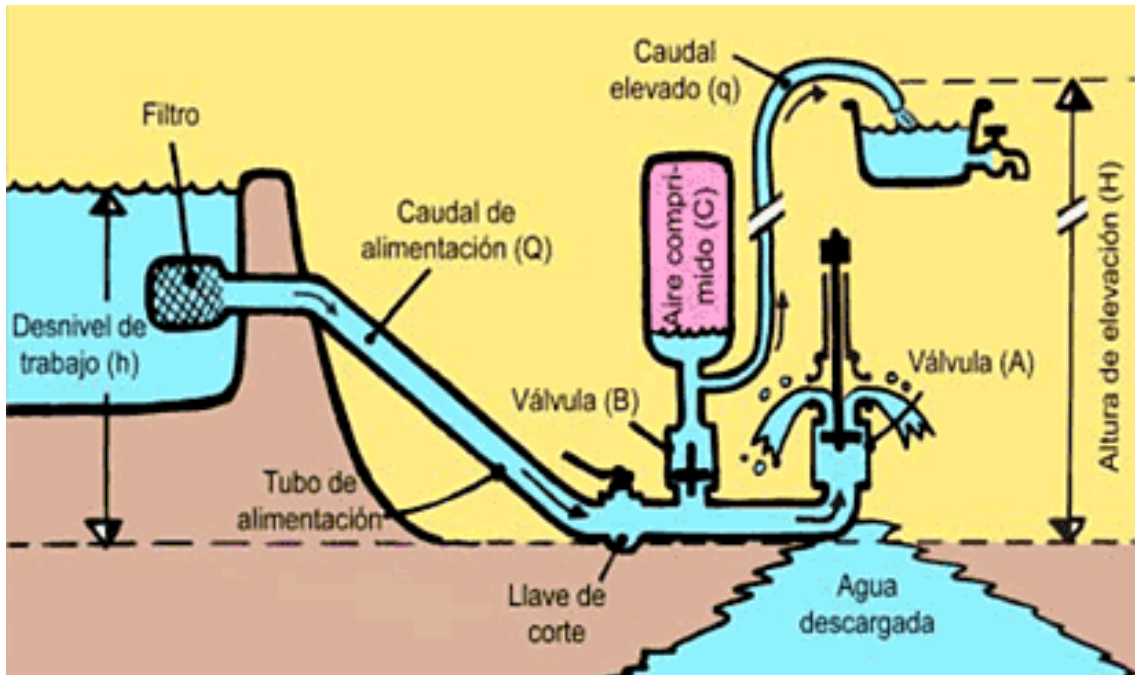
1. La pèrdua de l'aire de la càmera d'aire.
2. El malmetement de les peces de l'ariet pel constant contacte amb l'aigua.
3. El soroll que produeix el constant martelleig de les vàlvules i el sol cop d'ariet.
4. El malbaratament d'un tant per cent elevat de l'aigua que circula per l'ariet.

### 4.2. Solucions rudimentàries als problemes

1. Instal·lació d'un inclusor d'aire primitiu. Consisteix a fer un petit forat d'uns 2mm de diàmetre just abans o després de la vàlvula de retenció que dona pas a l'aigua cap a la càmera d'aire. En aquest petit forat s'hi posa un filferro que fa que el forat sigui més petit però encara hi puguin passar petites bombolles d'aire. En cada cicle de l'ariet, una petita bombolla d'aire entra a la càmera mentre que un petit raig d'aigua surt disparat. Això ajuda a mantenir la càmera plena d'aire.



2. No hi ha cap solució a aquest problema ja que en l'ariet convencional la vàlvula de sortida de l'aigua no té cap sistema per evacuar l'aigua que es perd, així que durant el funcionament de l'ariet, per aquesta vàlvula s'expulsa aigua contínuament, mullant-lo.
3. No hi ha solució per evitar el constant soroll de l'ariet. L'únic que es pot fer és tancar-lo en una caixa feta de formigó o altre material d'obra, però els tubs fan un soroll de martelleig inevitable.
4. No hi ha solució per a no malbaratar l'aigua que es perd per la vàlvula de sortida.



Per la vàlvula de sortida es perd aigua que no es canalitza; per tant, l'ariet es mulla.

### 4.3. Possibles solucions als problemes

1. Per evitar la pèrdua de l'aire de la càmera i no haver d'instal·lar l'inclusor d'aire, la càmera no ha de ser un simple tub amb una tapa al capdamunt, sinó que ha de ser un vas d'expansió. El vas d'expansió té una membrana al mig que fa que l'aigua i l'aire mai es barregin. A més d'aquesta virtut, els vasos d'expansió permeten graduar-ne la pressió. Tenen una vàlvula per on s'hi pot introduir més aire, la qual cosa fa augmentar la pressió dins la càmera i, per tant, ajustar i millorar l'eficiència de l'ariet.
2. Per evitar el malmetement de les peces de l'ariet a causa de l'oxidació provocada pel constant contacte amb l'aigua, provarem una solució simple. Es tracta de canviar la vàlvula de sortida casolana per una vàlvula de clapeta. Aquesta vàlvula fa el mateix treball que la casolana però amb l'afegit de que és roscada. Per tant, al final se li pot roscar un colze i, a partir d'aquí, es pot canalitzar l'aigua evitant que mulli l'ariet i, donat el cas, fins i tot reaprofitar-la.

3. Per solucionar el problema del soroll, hi ha diverses alternatives. L'ariet sempre farà soroll, però, amb algunes petites modificacions, es pot intentar minimitzar-lo.

El primer canvi són les vàlvules. Si treballem amb vàlvules casolanes, les parts que estan en constant moviment tenen un fregament força elevat, ja que en la vàlvula casolana de sortida, el pistó té un recorregut llarg fins a tancar la vàlvula. El fregament amb les parets i amb la guia durant tot aquest trajecte i el xoc contra la placa que li fa de topall fan un soroll continu i molt molest. A més, el cop entre el metall i la goma genera un desgast molt important de la vàlvula, sobretot de la goma, fent que acabi picant metall contra metall.

La solució que es proposa és la vàlvula de clapeta; una vàlvula molt sensible i lleugera que no produeix cap tipus de soroll durant el seu recorregut, i alhora, quan xoca amb el topall, sempre toca metall contra goma. Per altra banda, l'entrada d'aigua a la càmera fa un soroll constant molt metàl·lic. Per reduir-lo, farem ús d'un vas d'expansió. Aquest, a part de millorar el rendiment de l'ariet, suavitzarà el martelleig de l'aigua, ja que la membrana que porta incorporada fa d'amortidor, evitant sorolls i pèrdues del vas.

4. D'entrada no hi ha solucions al malbaratament d'una part important de l'aigua. Recordem que l'ariet és una bona solució per pujar aigua quant hi ha una font abundant i sobrera, però que és una màquina molt poc eficient, ja que es deprecia més del 60% de l'aigua que hi passa.

Una solució, però molt complicada, és posar ariets consecutius. L'aigua sobrant del primer ariet es condueix a un dipòsit des d'on s'alimenta un altre ariet i així, diverses vegades fins a reduir molt la quantitat d'aigua desaprofitada. El problema que té aquest sistema és que cada vegada l'ariet ha de ser més petit i, a partir de dimensions inferiors a ½ polzada, és molt difícil trobar peces i vàlvules.

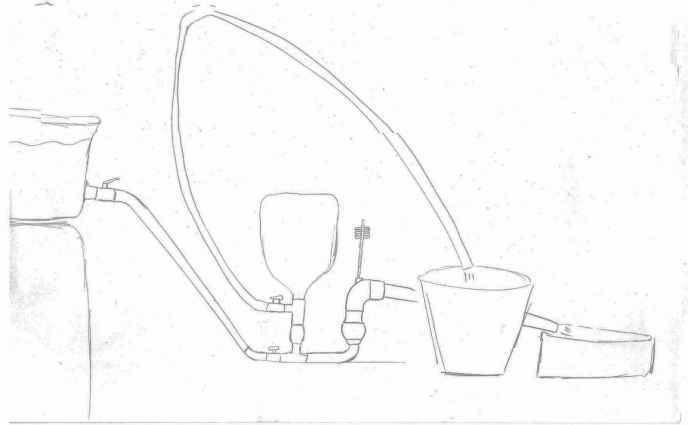
Una altra possibilitat, que no soluciona del tot el problema, és canalitzar l'aigua. L'aigua de l'ariet convencional es perd i cau a terra. A més, a la llarga causa problemes al propi ariet. Si la canalitzem, la podem aprofitar o bé conduir-la de nou al seu curs natural. Evitem així deixar la zona inundada i malbaratar-la.

## 4.5. Procés de construcció de l'ariet

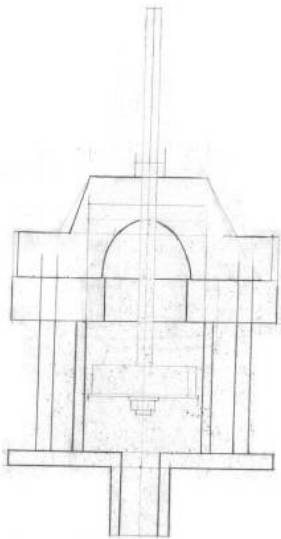
Un cop construït l'ariet i provat inicialment aprofitant les infraestructures d'en Xicu, arribava el moment de fer-ne la instal·lació definitiva a casa.

Abans de tot vaig muntar el dipòsit mòbil que havia de permetre donar a la canonada d'entrada a l'ariet tots els angles possibles. L'ariet estaria fix i, per poder treballar amb diferents angles, el dipòsit seria mòbil.

Finalment, després d'observar sobre el terreny les dificultats que tot plegat implicava, vaig desestimar la possibilitat de variar els angles de la canonada i establir-lo en 45°, inclinació de la boca d'entrada de l'ariet. La raó principal és tècnica, ja que per variar la inclinació es



requeria un colze mòbil; és a dir, elàstic, propietat aquesta que permetria que absorbís la força del cop d'ariet, la qual cosa no interessa.



En desestimar l'experimentació modificant els angles d'entrada, el treball es centrava en l'anàlisi de l'eficiència en la relació  $H/h$ ; és a dir, entre l'alçada de treball i l'alçada d'elevació. L'ariet està fixat, a l'igual que el dipòsit d'alimentació, mentre que la variable és l'alçada d'elevació de l'aigua, que va augmentant. En principi, i sobre el paper, quan més s'acosta la relació  $H/h$ , més gran ha de ser l'eficiència de l'ariet.

El cor d'un ariet són les

El cor d'un ariet són les

**Esquema de vàlvula casolana** vàlvules. D'elles en depèn totalment el bon funcionament. Com he dit, la primera decisió al respecte va ser prescindir d'una vàlvula de sortida casolana i utilitzar una vàlvula de clapeta comercial. És compacta i assegura un bon funcionament del mecanisme. Amb tot, de seguida va aparèixer el



**Vàlvula de clapeta amb ploms**

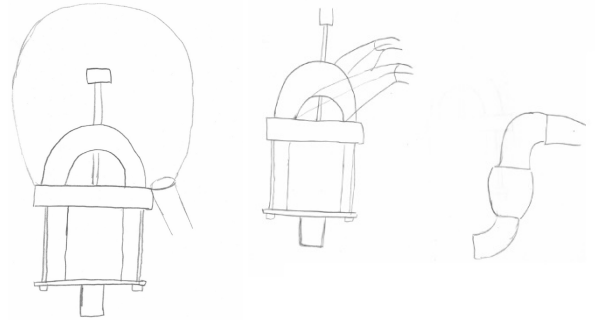
primer inconvenient. En passar-hi l'aigua, es tanca amb precisió, però després, la depressió que es genera al sortir l'aigua cap a la part superior de l'ariet per la vàlvula de retenció, no és suficient per fer que s'obri. Així, l'ariet queda bloquejat i no funciona. Cal ajudar la vàlvula a obrir-se i això només s'aconsegueix afegint-hi pes.

El disseny compacte de la vàlvula fa difícil intervenir-hi i fer-hi modificacions. La solució més pràctica va ser enganxar perdigons de plom a la base inferior de la clapeta i una moneda



Vàlvula de clapeta amb colze

foradada a la base superior, procurant de no afectar l'estanqueïtat de la clapeta.



Esquemes canalització d'aigua

Instal·lada la vàlvula, fàcilment podem donar també solució a la intenció de canalitzar l'aigua que perd l'ariet. En ser una vàlvula que normalment es troba inserida al mig d'un circuit hidràulic, té una rosca femella a cada extrem. Això em facilitava poder col·locar un colze a la sortida. Aquest, a través d'un tub, permetria conduir l'aigua i evitar que es mulli tot l'ariet.

Després d'unes primeres proves poc reeixides, vaig arribar a la conclusió que el pes que podia arribar a posar a la vàlvula no era suficient per activar-la correctament en tots els contextos de funcionament que hauria de provar. El pes que ha de tenir la vàlvula perquè l'ariet s'activi varia en funció de l'alçada on volem portar l'aigua, del cabal d'aigua que entra a l'ariet i de l'alçada des d'on és llançada l'aigua; ja que, quan més amunt volem portar l'aigua, més pressió s'acumula a la càmera d'aire i més pressió s'exerceix a la vàlvula de retenció, augmentant la força que ha de fer l'aigua per obrir-la, concentrant-se tota la pressió a la vàlvula de sortida.

Arribats a aquest punt, vaig plantejar-me canviar la vàlvula de clapeta per una de més gran -1 polzada- o provar d'utilitzar-ne una de fons modificada. Les vàlvules de fons comercials tenen el mecanisme que



Vàlvula de fons

necessitem, però no estan pensades per funcionar en un ariet. En l'extrem porten un filtre que no interessa i que no ens permet canalitzar l'aigua que en surt. Calia, doncs, retallar la part del filtre i soldar-hi una rosca per tal d'inserir-hi novament un colze.

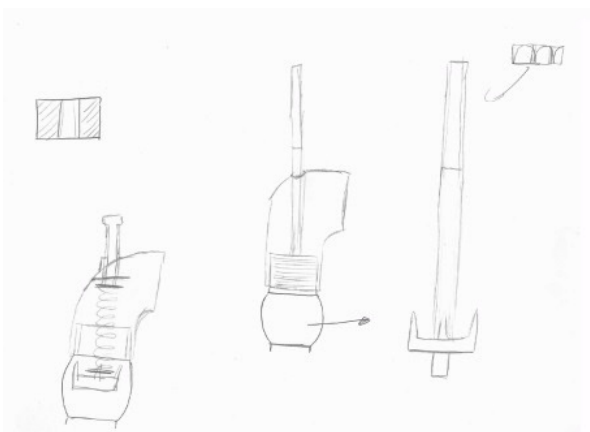
La vàlvula de fons modificada no acabava de donar els resultats esperats, ja que tampoc tenia prou pes per vèncer la força de l'aigua que li ve de sota. Un primer intent de solució va ser fondre bales de plom i, amb un motlle, crear discs que es van adherir a la vàlvula, però el constant repicar d'aquesta les feia saltar.



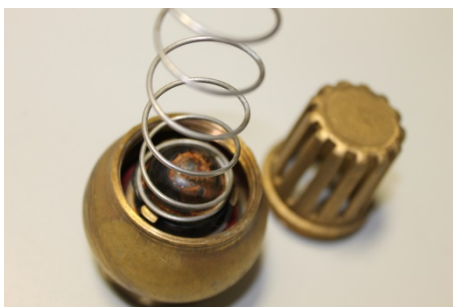
Vàlvula de fons amb bola de ferro

Un segon pas fou ajustar un petit tros de tub de goma a la cistelleta de la vàlvula i inserir-hi una bala de ferro més gran escalfant el tub. La compressió d'aquesta dins el tub la feia més estable. Tanmateix, el pes continuava essent insuficient per accionar la vàlvula i no hi havia manera d'anar modificant els pesos per fer l'estudi. És per això que vaig acabar rebutjant la solució.

Mirant vídeos sobre ariets en funcionament per internet vaig observar una vàlvula que portava una molla. Podia ser una bona idea: controlar la pressió exercida sobre la vàlvula amb una molla regulable. La molla és comprimida per una volandera que puja i baixa accionada per un espàrrec que passa per una rosca. Aquest sistema està molt bé, però complica la canalització de l'aigua que



Esquemes de vàlvules de fons



Vàlvula de fons amb molla

surt expulsada per la vàlvula.

Aleshores vaig recuperar la idea de tallar el filtre i soldar-hi una rosca per poder-hi inserir un colze. Però amb una nova modificació: per poder controlar la velocitat dels repics de l'ariet calia poder manipular l'espàrrec. Per això es va fer un orifici just al centre de la part superior del colze i s'hi va soldar una rosca

femella per on s'insereix l'espàrrec que, roscant, va pressionant la volandera del seu extrem inferior sobre la molla que, alhora, exerceix una força regulable sobre la vàlvula. En definitiva, solucionava la regulació de la vàlvula sense renunciar a la conducció de l'aigua excedent. La dificultat va ser aleshores trobar una molla adient, amb la llargada justa i amb un coeficient d'elasticitat adequat. Després de molt buscar, un aspersor vell em va donar el que necessitava.

L'ariet comença a funcionar, però la regulació de la molla no em permet afinar suficientment els batecs de la màquina i, a més, aquests, a vegades, són irregulars.

Després de donar-li moltes voltes, vaig decidir tornar definitivament al sistema de la vàlvula casolana tradicional a partir de modificacions en una vàlvula de fons. Estava convençut que aquesta em permetria actuar-hi i aplicar-hi amb més facilitat algunes de les modificacions provades anteriorment.

Vaig prendre una nova vàlvula de fons i en vaig eliminar el filtre. Amb l'ajuda del ferrer, vam soldar al centre de la vàlvula



Vàlvula de fons modificada

una vara de 25cm amb rosca als últims 10 cm.

Novament, vam soldar una rosca al punt on

haviem tallat el filtre per tal de poder tornar a posar un colze. A aquest, se li va practicar un orifici a la part superior i se li va inserir una petita secció de tub del diàmetre necessari per que hi pogués passar just la vara fent de guia d'aquesta. Així, un cop tot muntat, es pot anar afegint pes a la vàlvula a base d'anar roscant femelles a la part superior de la vara.

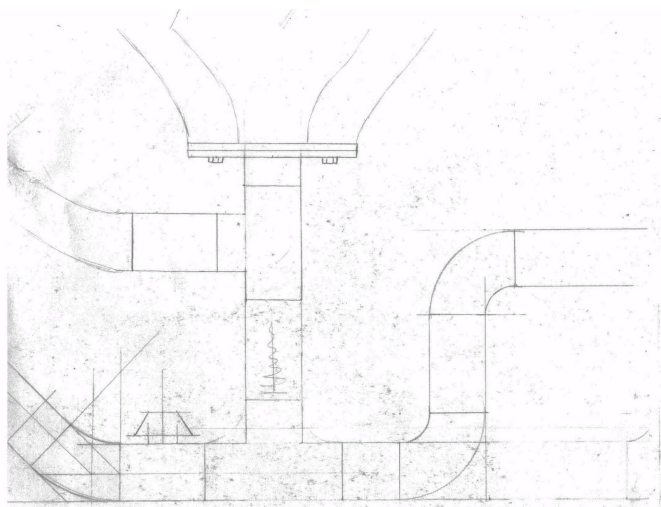


Detall de la vàlvula amb volandera

Val a dir que d'aquest prototip en vaig haver de fer dues versions per afinar-ne el funcionament.

Definitivament, l'ariet funcionava, i bé. Amb tot, l'eficiència no era l'esperada i el repic era molt brusc. Aleshores, tot repassant els principis físics i els consells d'en Xicu, em vaig adonar que havia comés un error gravíssim. A la instal·lació, el dipòsit d'alimentació

està situat a 2,5m d'altura respecte a l'ariet, i el dipòsit de recollida, a 5m. Aquestes



Esquema d'ariet amb vas d'expansió

mesures eren idònies per experimentar, ja que hi havia una relació 2 entre  $H/h$ , que una de les relacions que dona més eficiència.

El problema era que el vas d'expansió treballa amb una pressió mínima de 3 atm. Per tant, amb una elevació de 5 metres, i tenint en compte que cada 10 metres de desnivell representen una atmosfera, el nostre vas d'expansió rebia una pressió molt inferior a dues

atmosferes. És a dir, aparentment, l'ariet funcionava com havia de fer-ho, però en realitat no era així. El vas d'expansió estava carregat amb massa pressió i l'altura a la que l'ariet havia de pujar l'aigua no generava pressió suficient com per entrar al vas i treballar. En definitiva, enlloc d'un vas d'expansió era com si hi hagués un tap.

I la solució d'un problema me'n descobreix un altre. Tot i reduir al mínim la pressió del vas, aquest continua sense fer la seva feina.

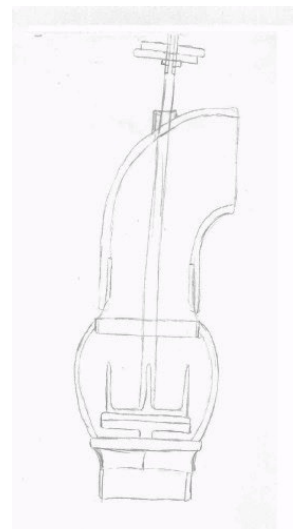
El vas consta de dues parts: el vas pròpiament dit i la membrana.

La membrana, elàstica, s'expandeix en augmentar la pressió dins



Vàlvula de fons definitiva

el vas però manté sempre separats aigua i aire. Precisament aquesta és la raó per la qual vaig incorporar el vas: evitar la barreja de l'aire i l'aigua i, per tant, la pèrdua d'aire progressiva que afecta al rendiment de l'ariet. Ara bé, la membrana és molt rígida; està pensada per treballar a partir de 3 atmosferes. Dit d'altra manera, l'altura mínima de treball són 30 metres i no tinc aquestes condicions.



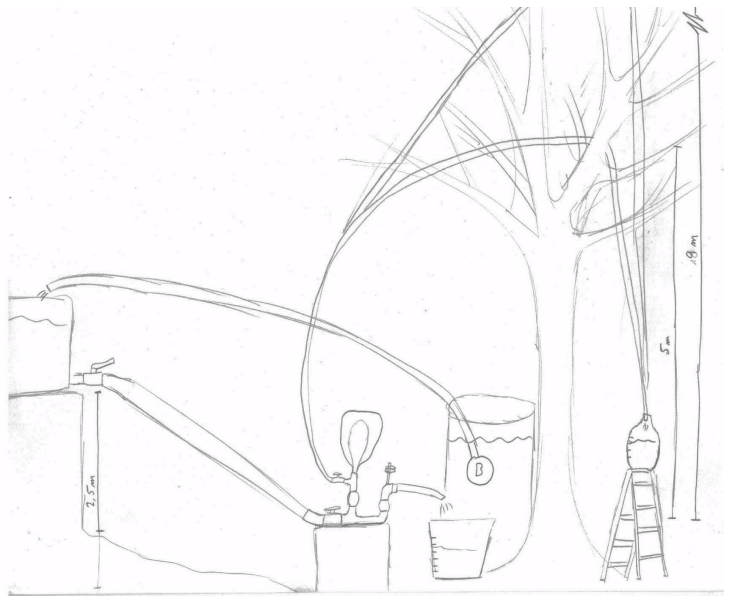
Esquema vàlvula de fons definitiva



No puc, per tant, aplicar a l'experimentació una de les solucions més interessants que proposava. Amb tot, per demostrar que és viable, vaig fer una prova. Vaig desmuntar el vas i vaig substituir la membrana per un globus. El globus no oposa resistència a l'aigua, com feia la membrana, però al mateix temps separa l'aire de l'aigua. El petit problema és que el globus és molt fràgil i, al cap d'una estona de funcionament, es trenca. Amb tot, ha servit per demostrar que, en les condicions adequades, el vas d'expansió és una bona solució al problema de la pèrdua gradual d'aire.

La versió definitiva, i la que s'ha utilitzat per a l'experimentació i recollida de dades, ha substituït el vas d'expansió per una ampolla d'aigua de 2 litres.

Tot i aconseguir una eficiència força acceptable, l'ariet perdia molta aigua. Això era degut a que el repicar de la vàlvula de sortida era molt lent, el que feia que la vàlvula estigués oberta molta estona i sortís molta aigua. Així, instal·lant un topall a la meitat del recorregut de la vàlvula, aquesta hauria de recórrer menys espai, reduint el temps que dura cada cicle. D'aquesta manera, l'ariet continua pujant aigua però en perd força menys.



Esquema de la instal·lació



## 4.6. Cost econòmic de l'ariet

### Components:

- Colze 45° mascle-femella d'acer galvanitzat  $\frac{3}{4}$  - 6,92€
- Vàlvula de bola mascle-femella  $\frac{3}{4}$  - 7,58€
- 2 x te d'acer inoxidable  $\frac{3}{4}$  - 18,26€
- 2 x contrarosca de llautó  $\frac{3}{4}$  - 1,66€
- Vàlvula de retenció  $\frac{3}{4}$  - 5,72€
- Colze 90° mascle femella acer galvanitzat  $\frac{3}{4}$  - 2,38€
- Vàlvula de fons - 11,65€
- Contrarosca de llautó augment mascle-mascl de  $\frac{3}{4}$  a 1" - 1,70€
- 3 x tub d'acer galvanitzat  $\frac{3}{4}$  1 metre mascle-mascl - 55,71€
- Tub d'acer galvanitzat  $\frac{3}{4}$  0,5 metres mascle-mascl - 9,28€
- 3 x contrarosques llautó femella-femella  $\frac{3}{4}$  - 4,47€
- Colze d'acer inoxidable  $\frac{3}{4}$  - 2,75€
- Colze d'acer inoxidable 1  $\frac{1}{4}$  - 7,56€
- Contrarosca mascle-femella 1  $\frac{1}{4}$  - 4,79€

### Material per al muntatge:

- 2 x clau anglesa gran - 36€
- 2 x tefló - 1€

### Despeses Extres:

- Muntatge d'una vàlvula de bola al dipòsit d'alimentació - 25€
- Modificació de la vàlvula de fons - 38,5€

**Total: 240,93€**

## 4.7. Observacions peculiars i anècdotes

Durant la recollida de dades em vaig trobar amb un fet que a priori semblava impossible, que desafiava totes lleis de la física i que després, analitzant-lo vaig deduir que era el principi dels vasos comunicants.

L'ariet anava treballant sense cap problema. Jo anava variant els pesos i la obertura de la vàlvula... però, de cop, començava a anar malament. Ja no feia els repics regulars, s'encallava i pujava molt poca aigua. De sobte, l'ariet es parava, tota l'aigua de la càmera d'aire marxava, el vas d'expansió casolà quedava xuclat (és a dir, perdia tota la pressió interna i la pressió atmosfèrica guanyava la partida) i pel tub que puja l'aigua en sortia un cabal impressionant (tot el que permetia el diàmetre del tub). Era com si de cop l'aigua que venia del dipòsit d'abastiment, ubicat a 2,5m d'altura, passés per l'ariet i, directament, anés cap el tub de pujada d'aigua. Assolia els 5 o 9m d'alçada del circuit. Com era possible!

Tornant a pensar en el fet, vaig comprendre que es tractava de vasos comunicants.

Una altra observació interessant ha estat que el nivell de l'aigua dins la càmera d'aire depèn de l'alçada fins on es vulgui fer pujar l'aigua. Cada alçada determina una pressió interna dins la càmera d'aire. La pressió que exerceix l'aire atrapat dins la càmera d'aire i que farà possible el treball de l'ariet, depèn del volum que disposi aquest aire dins la càmera. L'única manera de variar aquesta pressió és la variació del volum i per tant la variació del nivell d'aigua dins la càmera. Aquesta variació és produïda de forma natural.

Cada vegada que pugem aigua més amunt, l'aire de la càmera es va comprimint més, fent pujar el nivell de l'aigua dins la càmera. És per això que a major alçada de pujada d'aigua més gran ha de ser la càmera. Cada càmera té un límit d'alçada que pot assolir l'ariet. Quan l'aigua ocupa tota la càmera, cal la seva substitució per una de més gran si el nivell d'elevació ha de ser major.

## 4.8. Recollida de dades i interpretació

Durant el període d'experimentació amb l'ariet he anat recollint dades de variables molt diferents: l'obertura de la vàlvula, el sobrepès donat a la vàlvula, els litres pujats, els litres perduts. La relació d'aquestes variables ens ha permès conèixer els percentatges d'eficiència de l'ariet.

He fet un estudi de quin és el sobrepès més adient per tal d'assolir la màxima eficiència en cada obertura de vàlvula.

El període de temps de funcionament per a l'obtenció de dades ha estat de 10s en cada presa. Aquest interval de temps, que a priori podria semblar massa breu, és el més apropiat per poder comptabilitzar les variables estudiades: litres pujats i litres perduts.

L'obtenció de cada dada s'ha repetit tres vegades per tal de minimitzar les possibles imprecisions pel fet de tenir una activació totalment manual. Amb un cronòmetre es comptaven 10 segons des de l'obertura de la vàlvula de pas d'entrada d'aigua des del dipòsit d'alimentació fins el seu tancament. Així doncs, de cada paquet de dades amb les mateixes condicions, se n'ha calculat la mitjana i és aquesta dada la que s'ha considerat com a correcta. He rebutjat aquelles preses que s'allunyaven molt de la mitja ja que òbviament no eren correctes.

Els litres pujats i perduts es calculaven mitjançant un vas graduat amb una precisió de  $\pm 50\text{cm}^3$  . i una capacitat màxima de  $500\text{cm}^3$  . Quan les quantitats a mesurar eren superiors a  $500\text{cm}^3$  , el marge d'error s'incrementava en el nombre de cops que s'havia d'omplir el recipient.

Així que, mirant de prop l'estudi del funcionament de l'ariet a 5m, amb una obertura de vàlvula de 0,7cm, s'observa que es perd molta aigua. En 10 segons la mitja de batecs és només de 8. Cada batec és un cicle de l'ariet. Això vol dir que es perd aigua durant més d'un segon. Al ser una obertura gran -0,7cm- l'aigua perduda emplena totalment el tub de sortida. Això explica que durant aquest període de temps s'hagin perdut 3,97l mentre que només n'ha pujat 0,58l. Això és degut a que l'ariet ha completat pocs cicles (només 8 - els 8 batecs) i és precisament en cadascun d'ells que puja aigua. Hem comprovat que el sobrepès donat a la vàlvula no és molt gran, ja que la pressió generada per l'aigua ha de pujar la vàlvula un recorregut força gran (0,7cm), Com més pesi la vàlvula, més gran haurà de ser la força que exerceixi per recórrer els 0,7cm.

Aquesta força impulsora depèn directament de l'alçada on el troba el dipòsit d'alimentació. En aquestes condicions el sobrepès emprat ha estat de 140g. Curiosament, era l'únic sobrepès possible. Amb d'altres pesos provats, més grans i més petits, l'ariet no completava el cicle i s'aturava.

Amb una obertura de la vàlvula de 0,6cm, s'observa que s'ha perdut menys aigua que amb la de 0,7cm. Això és degut a que ha fet més batecs. El període de temps amb la vàlvula oberta i per tant amb sortida lliure de l'aigua és menor així com l'espai de sortida (un recorregut més curt de la vàlvula). El sobrepès ha de ser major.

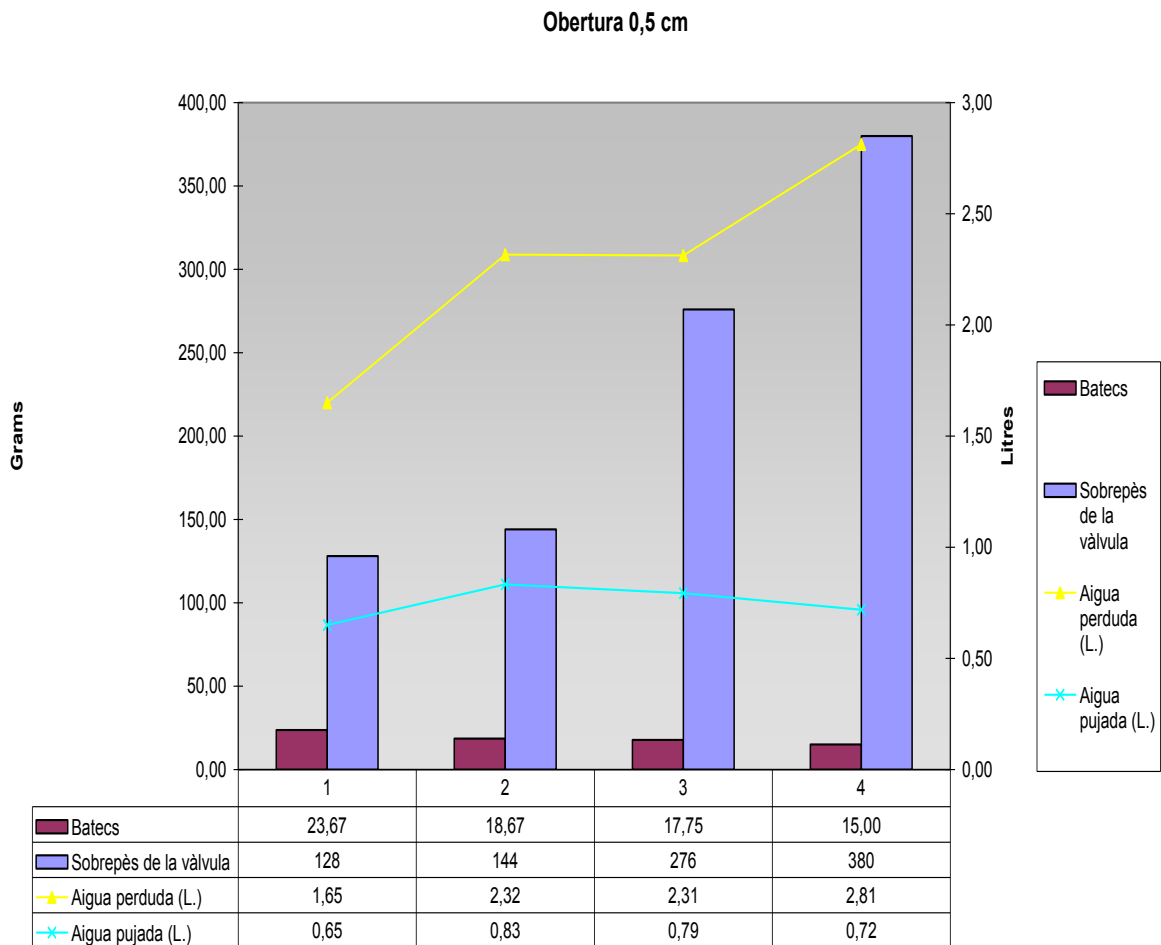
Quadre de dades recollides per a una alçada de 5m

Alçada entrada aigua	2,5 m	Temps de treball	10 s
Alçada pujada	5 m		

Ordenat per obertura de vàlvula

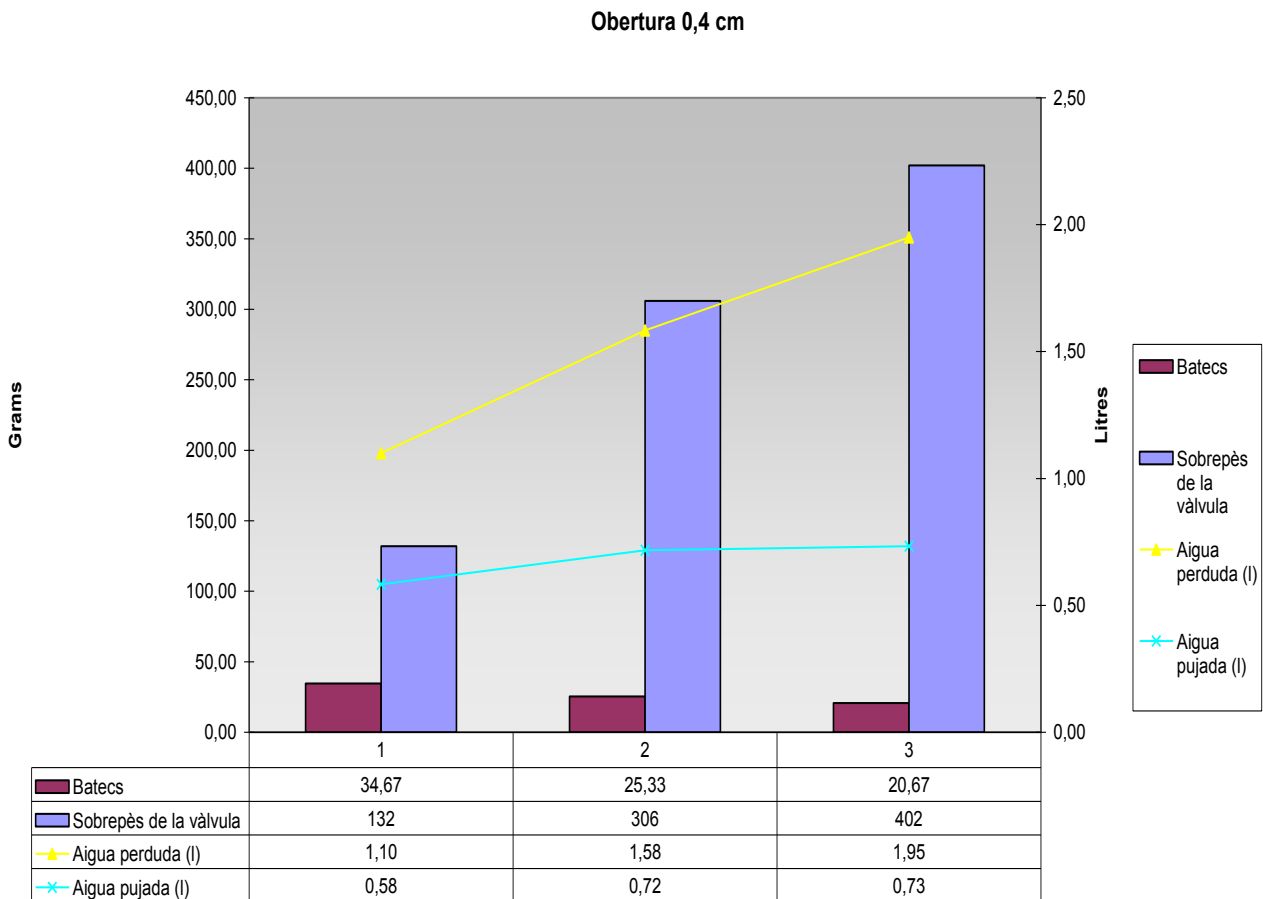
Obertura de la vàlvula (cm.)	Sobrepès de la vàlvula (gr)	Mitjana de batecs	Aigua perduda (L)	Aigua pujada (L)	Eficiència relació aigua pujada / aigua perduda	Eficiència Aigua pujada (respecte el gastat)	Màxima aigua pujada (L en 10 segons)
0,7	120	8,00	3,97	0,58	14,71%	12,82%	0,58
0,6	174	10,67	3,95	0,70	17,72%	15,05%	0,70
0,5	128	23,67	1,65	0,65	39,39%	28,26%	0,65
0,5	144	18,67	2,32	0,83	35,97%	26,46%	0,83
0,5	276	17,75	2,31	0,79	34,32%	25,55%	0,79
0,5	380	15,00	2,81	0,72	25,56%	20,35%	0,72
0,4	132	34,67	1,10	0,58	53,03%	34,65%	0,58
0,4	306	25,33	1,58	0,72	45,26%	31,16%	0,72
0,4	402	20,67	1,95	0,73	37,61%	27,33%	0,73
0,3	128	47,33	0,78	0,42	53,19%	34,72%	0,42
0,3	288	38,33	0,98	0,47	47,46%	32,18%	0,47
0,3	406	34,00	1,18	0,57	47,89%	32,38%	0,57
0,2	408	45,00	0,87	0,37	42,31%	29,73%	0,37

Gràfica obertura 0,5cm a 5m d'alçada



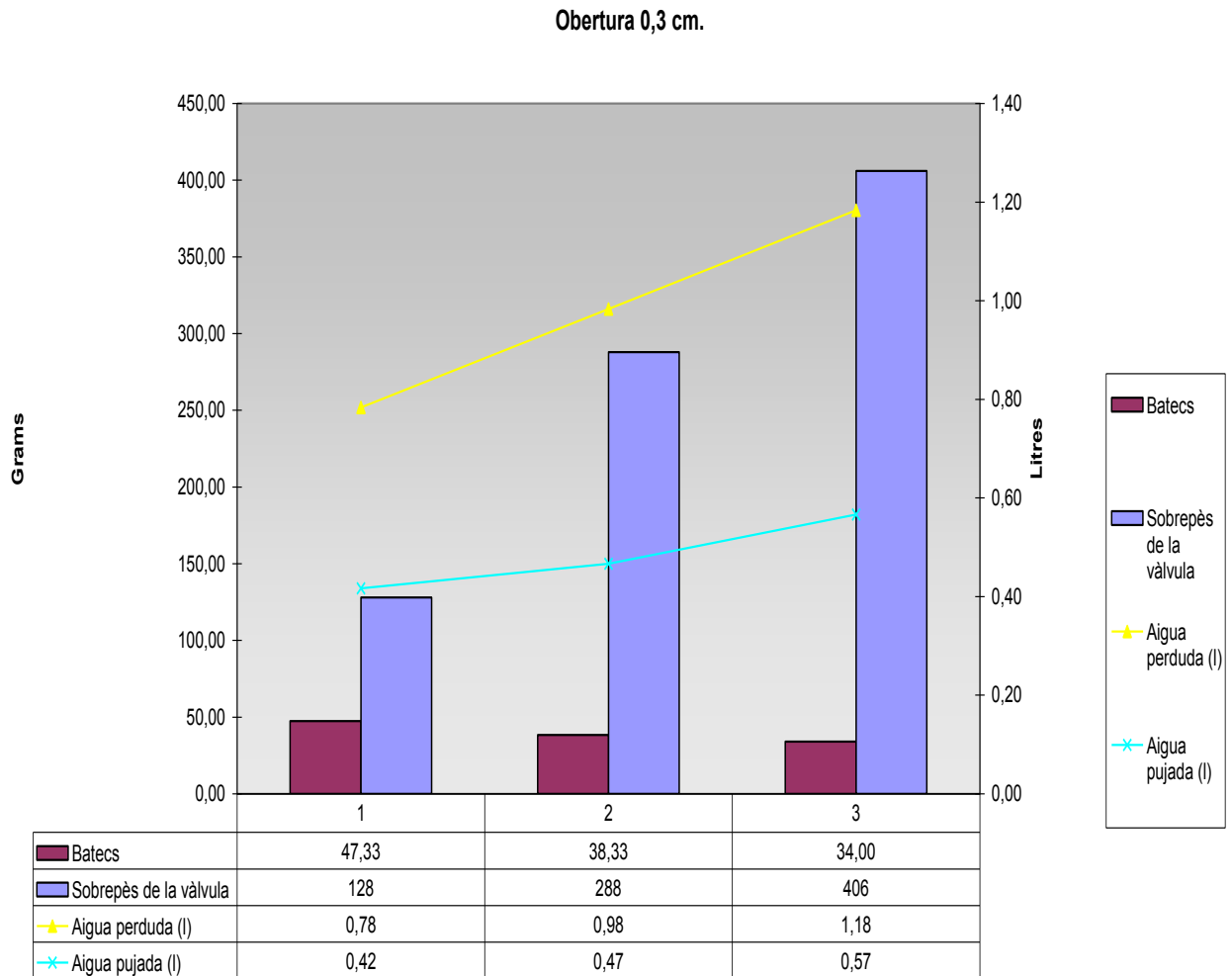
De l'obertura de 0,5cm s'han pres dades amb 4 sobrepesos. Clarament es pot observar com el nombre de batecs és inversament proporcional al sobrepès. A més càrrega, menys batecs. La mitjana d'aigua perduda augmenta a mesura que s'augmenta el sobrepès. Hi ha, però, una irregularitat. La corba d'aigua pujada hauria de ser més uniforme. Entre la dades 2 i 3, la diferència de l'aigua perduda és mínima .

Gràfica Obertura 0,4cm a 5m d'alçada



La gràfica d'obertura 0,4cm a 5m d'alçada és molt representativa del correcte funcionament de l'ariet. Segueix la corba exacte que haurien de tenir totes les gràfiques. Es pot apreciar que el sobrepès, l'aigua perduda i l'aigua pujada són directament proporcionals i inversament proporcionals a la quantitat de batecs.

Gràfica Obertura 0,3cm a 5m d'alçada



A la gràfica d'obertura 0,3cm s'aprecia perfectament l'augment tant de l'aigua perduda com l'aigua pujada, alhora que puja el sobrepès de la vàlvula. Els batecs segueixen essent inversament proporcionals.

Fent una comparativa de les tres gràfiques presentades es pot comprovar que la quantitat d'aigua perduda ha anat disminuint molt ja que, al baixar l'obertura de la vàlvula, el cabal d'aigua que es pot escapar quan està oberta és molt més petit.



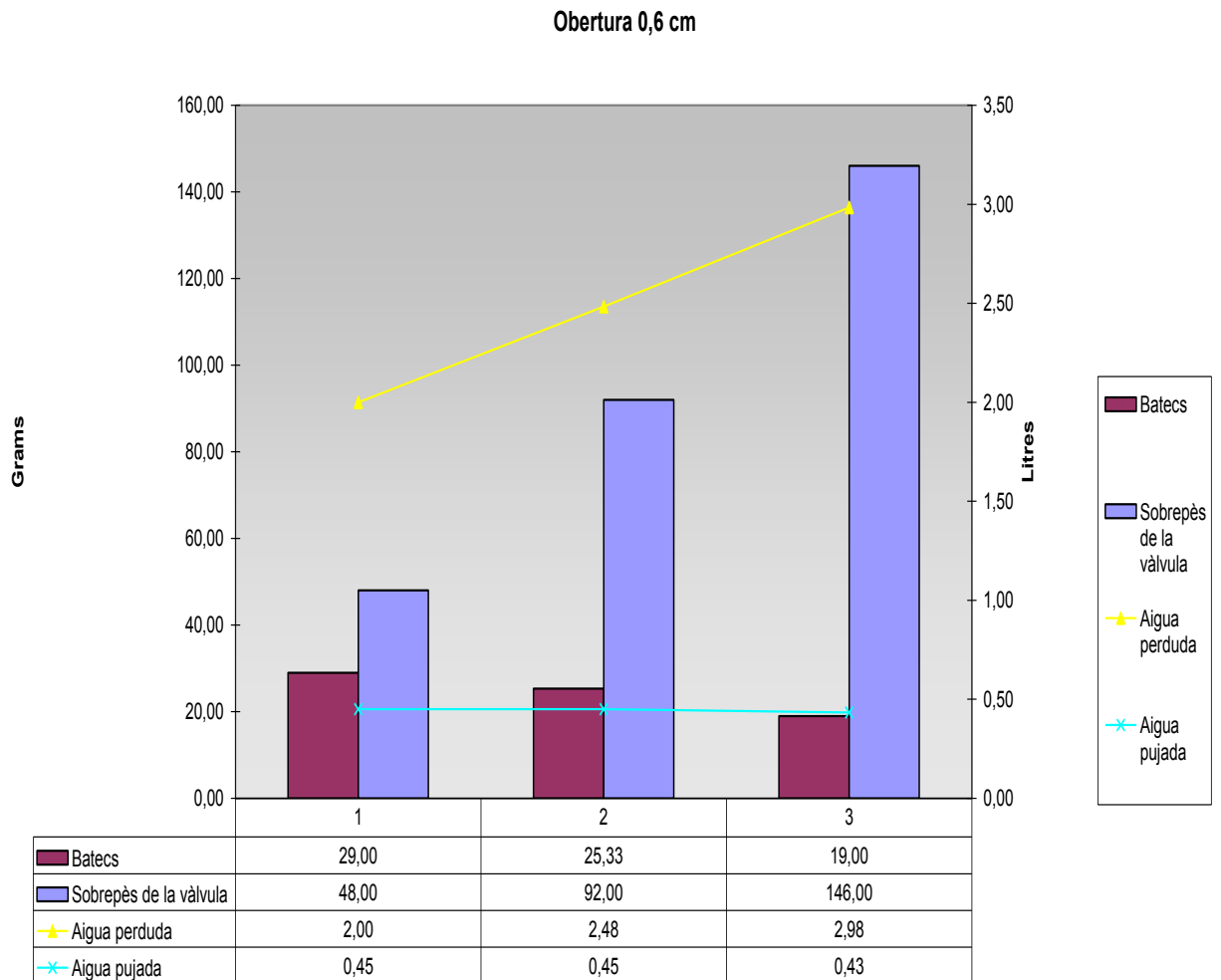
Alçada entrada aigua	2,5 m	Temps de treball	10 s
Alçada pujada	9 m		

## Ordenat per obertura de vàlvula

Obertura de la vàlvula (cm.)	Sobrepès de la vàlvula (gr.)	Mitjana de batecs	Aigua perduda (L.)	Aigua pujada (L.)	Eficiència relació aigua pujada /aigua perduda	Eficiència Aigua pujada (respecte el gastat)	Màxima aigua pujada (L.)
0,8	38	16,00	3,57	0,50	14,02%	12,30%	0,50
0,7	70	24,33	2,74	0,48	17,63%	14,99%	0,48
0,6	48	29,00	2,00	0,45	22,50%	18,37%	0,45
0,6	92	25,33	2,48	0,45	18,12%	15,34%	0,45
0,6	146	19,00	2,98	0,43	14,53%	12,68%	0,43
0,5	60	35,67	1,75	0,41	23,33%	18,92%	0,41
0,5	102	26,67	2,27	0,45	19,85%	16,56%	0,45
0,5	148	20,50	2,93	0,44	15,17%	13,17%	0,44
0,4	40	42,00	1,40	0,37	26,19%	20,75%	0,37
0,4	148	28,00	2,10	0,43	20,63%	17,11%	0,43
0,4	272	19,67	3,03	0,45	14,84%	12,92%	0,45
0,3	30	44,67	1,29	0,32	24,52%	19,69%	0,32
0,3	160	39,33	1,48	0,34	22,58%	18,42%	0,34
0,3	272	19,67	3,03	0,45	14,84%	12,92%	0,45

En aquesta taula es poden observar les dades preses quan l'ariet treballava a 9m. Es pot veure que la màxima eficiència ( aigua pujada respecte la perduda ), es troba en una obertura de 0,3cm i un sobrepès de 128 grams. I la màxima quantitat d'aigua pujada es troba en l'obertura 0,5 i un sobrepès de 144 grams. Les dades segueixen la tònica de les de l'estudi a 5m, però són lleugerament més baixes, ja que la relació h/H és major.

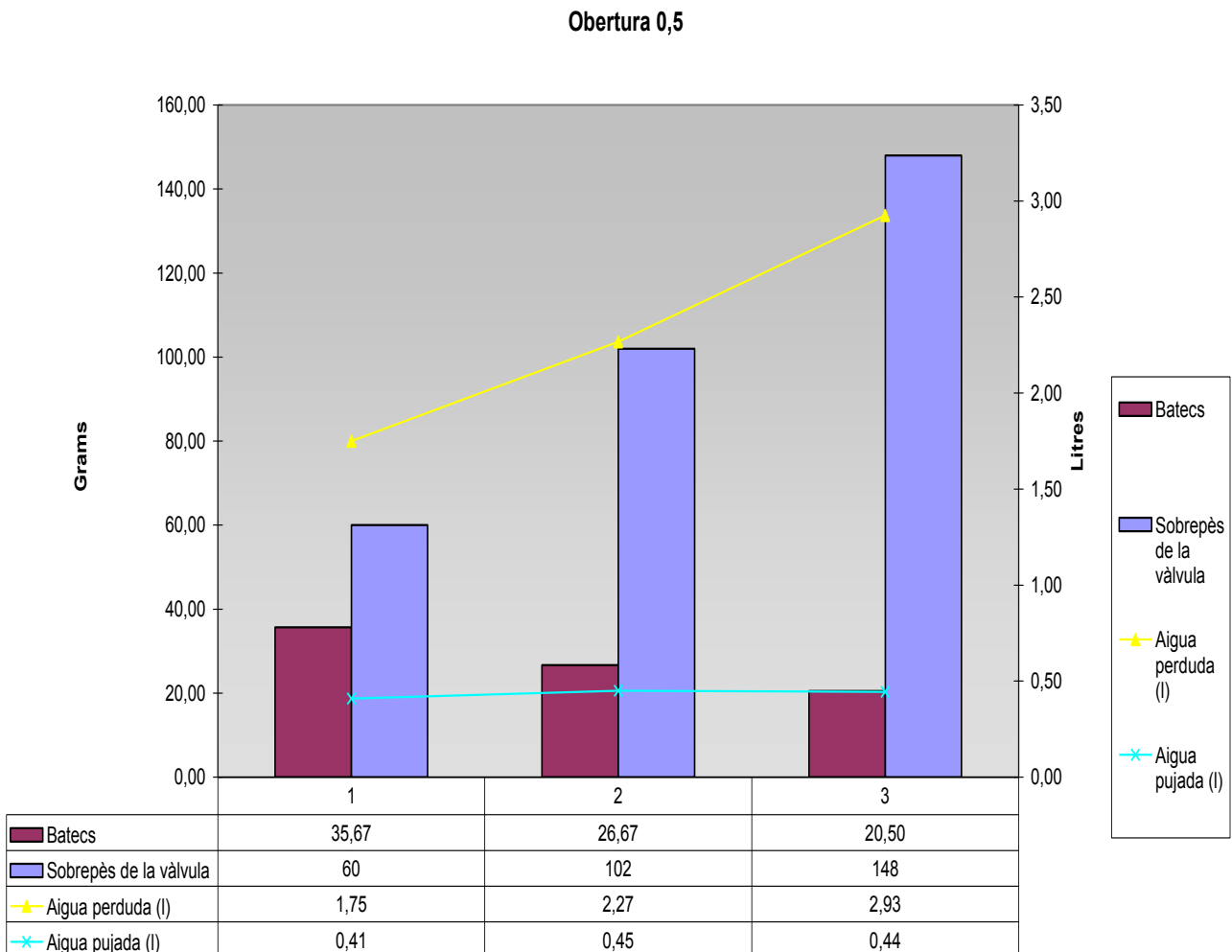
## Gràfica Obertura 0,6cm a 9m d'alçada



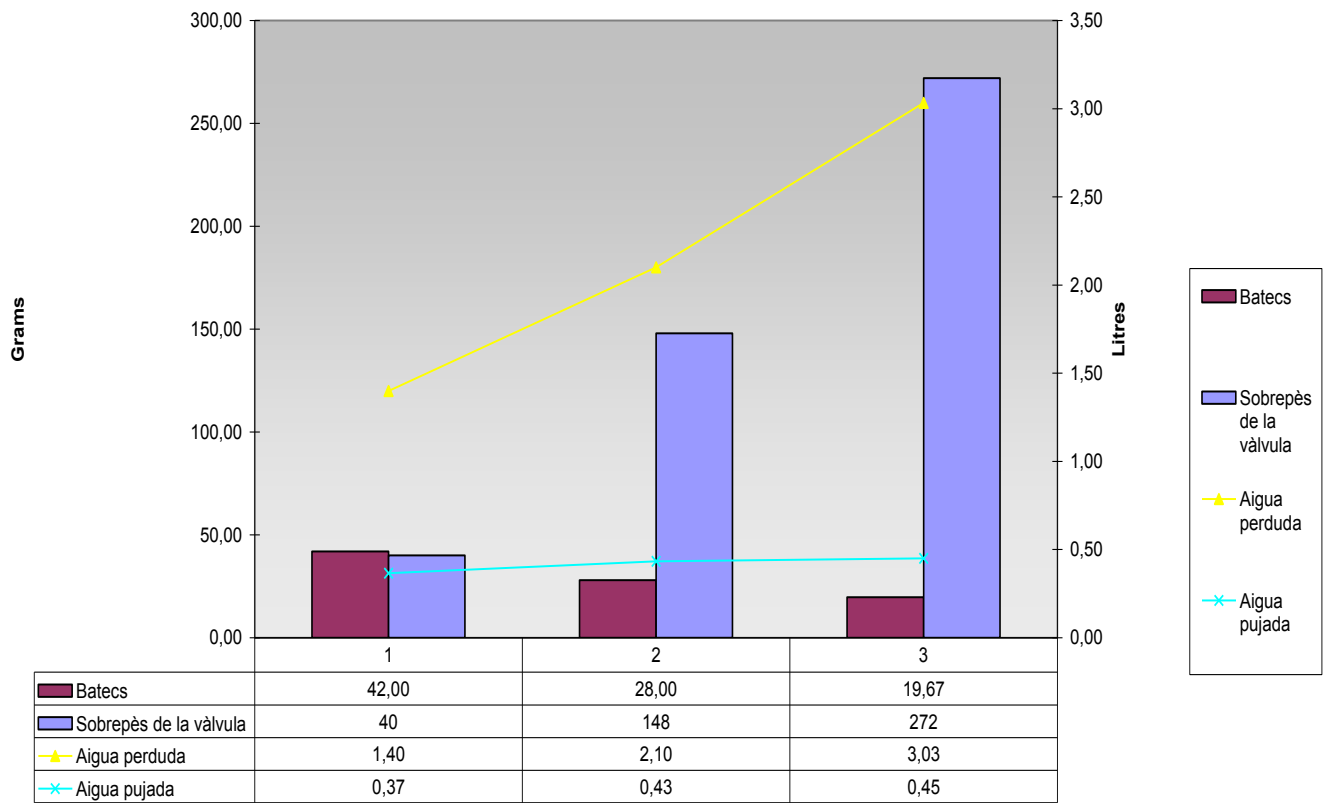
En aquesta gràfica s'observa claríssimament que a mesura que s'augmenta el sobrepès de la vàlvula, disminueix el nombre de batecs que fa la vàlvula. L'aigua perduda també augmenta. L'aigua pujada es manté gairebé constant. Com que el marge d'error és de  $\pm 50\text{cm}^3$  i la diferència de valor està comprès en aquest interval, pot ser que aquest valor de l'aigua pujada sigui el suficientment imprecís per amagar el resultat.

Gràfiques obertura 0,5cm, 0,4cm i 0,3cm a 9m

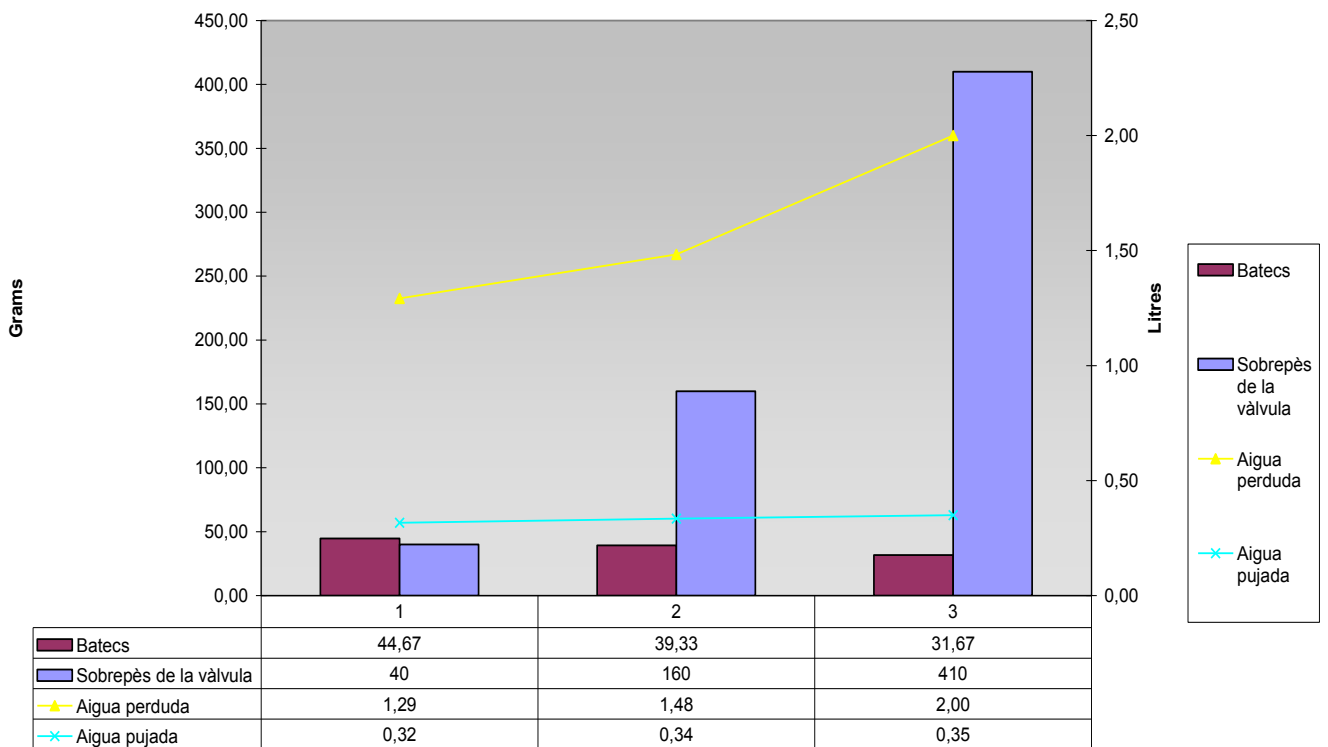
En aquestes gràfiques l'aigua perduda segueix molt bé la línia ascendent. Els batecs disminueixen a mesura que augmenta el sobrepès. Les tres gràfiques segueixen el mateix patró. A mesura que anem tancant la vàlvula tant l'aigua pujada com l'aigua perduda disminueixen. Alhora, entre les dades de 5m i a 9m, es veu un considerable descens en l'aigua pujada, ja que en augmentar la relació h/H (h: altura del dipòsits d'alimentació; H: altura d'aigua pujada) el rendiment de l'ariet baixa.



Obertura 0,4 cm

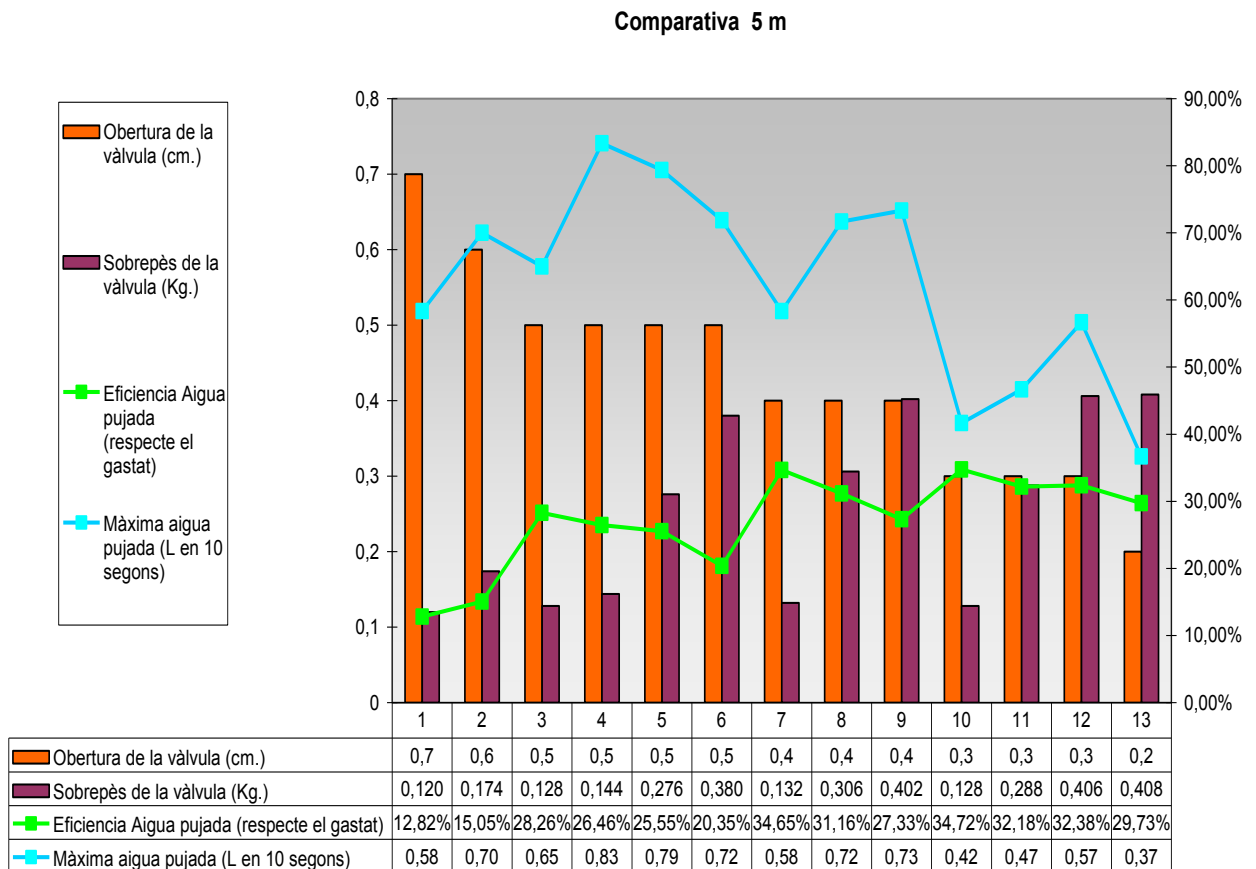


Obertura 0,3cm

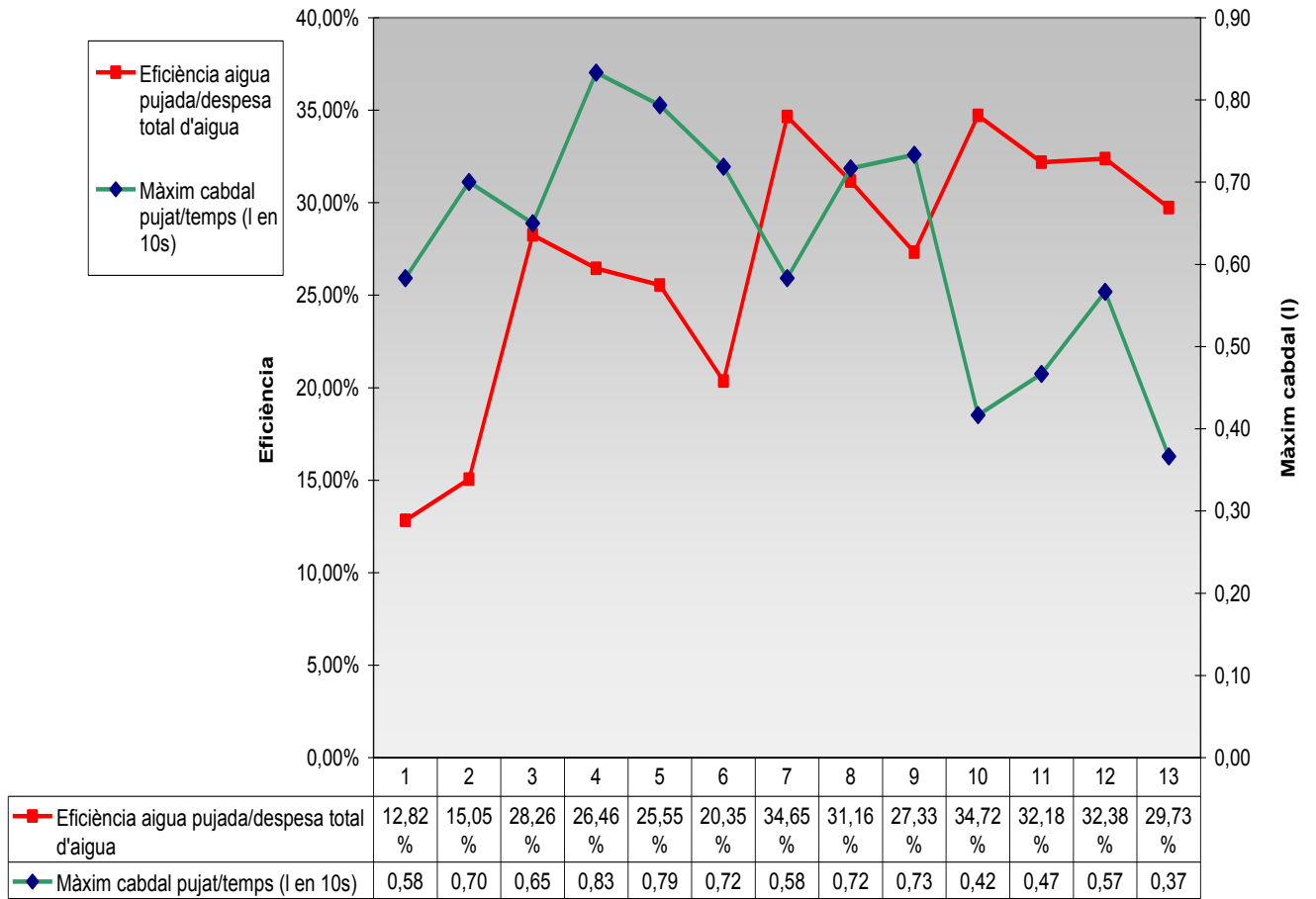


Gràfica Comparativa Eficiència / Cabal pujat

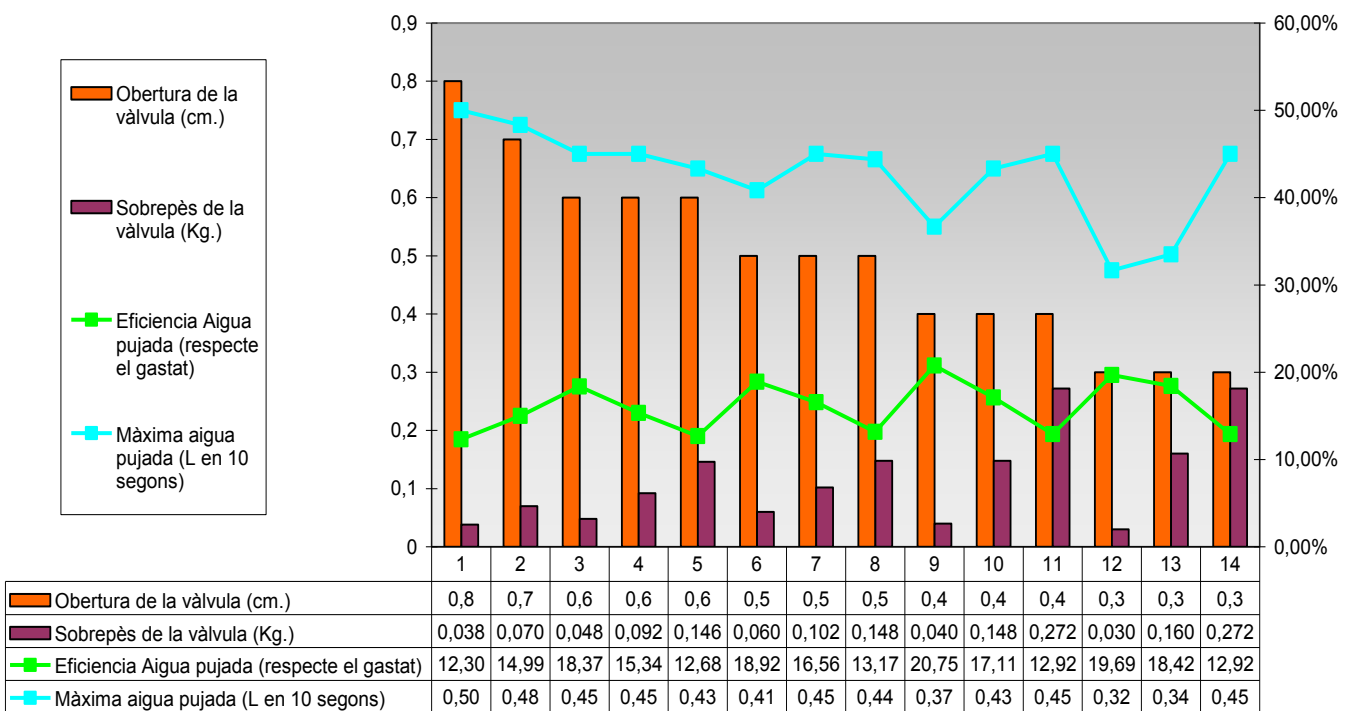
En aquesta gràfica comparativa es veu claríssimament el funcionament de l'ariet. Analitzant la línia de l'eficiència, veiem que en cada obertura, al augmentar el sobrepès aquesta disminueix. Per contra, el cabal puja a l'augmentar el sobrepès. Això és degut a que cada vegada que es completa un cicle, l'ariet puja una mica d'aigua. Quants més cicles es produeixen en els 10 segons, l'estona que està oberta la vàlvula és inferior, així que es perd menys aigua. Però alhora, els repics no són tant forts, ja que l'energia acumulada és inferior. D'altra banda, si durant els 10s es realitzen menys cicles degut a un augment del sobrepès de la vàlvula, se'n perd més, ja que la vàlvula està oberta durant més temps. Així s'acumula més energia i puja una mica més d'aigua. Aquesta conclusió es pot treure igualment amb la gràfica comparativa entre eficiència / cabal pujat de l'estudi amb l'ariet pujant l'aigua a 9m.



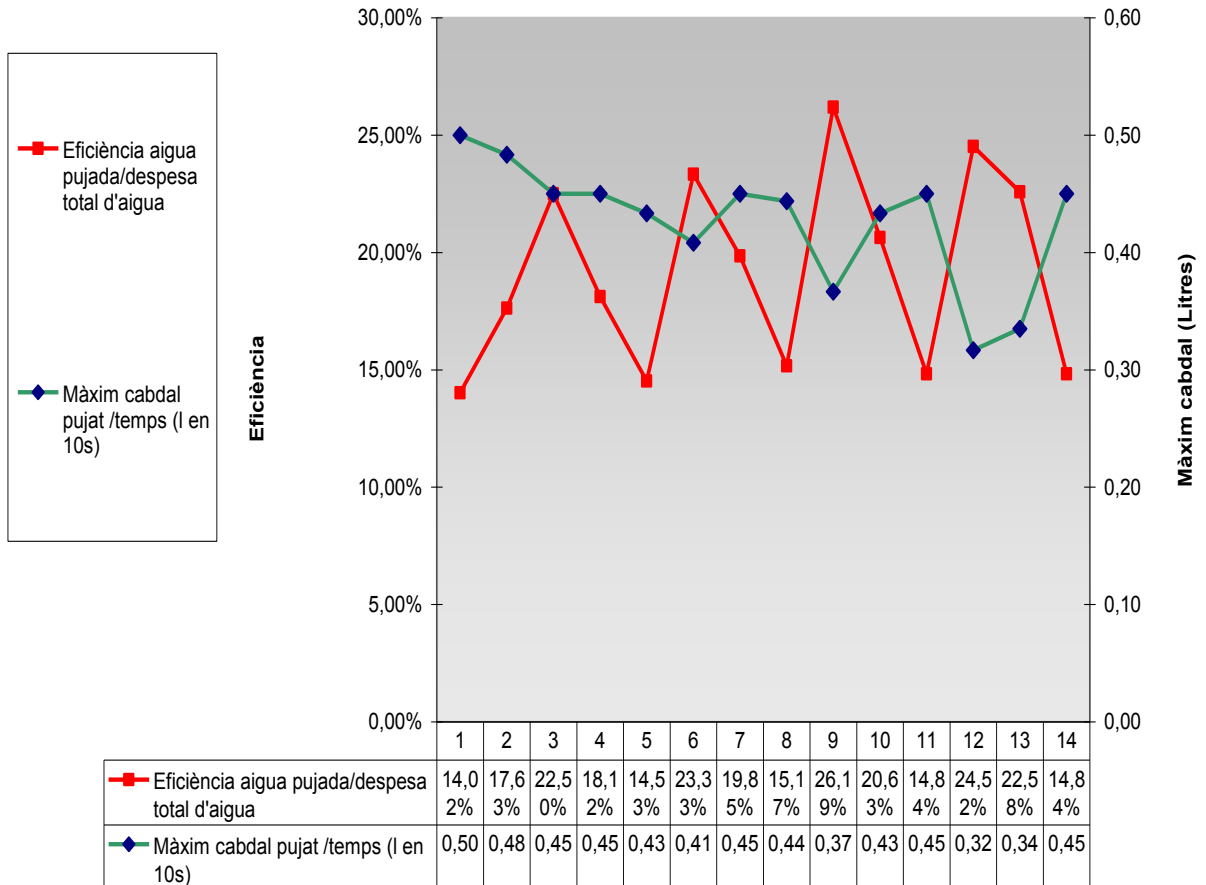
Comparativa Eficiència - Màxim cabdal pujat a 5 m



Comparativa 9m



Comparativa Eficiència - Màxim cabdal pujat a 9 m





## 5. Conclusions

---

L'ariet és un enginy amb moltes variables. A l'hora de treballar amb ell, depèn de quina sigui la utilitat que se li vol donar, s'ha de "configurar" d'una manera o d'una altra. Normalment, l'ariet es troba en zones amb molt de desnivell i amb superàvit d'aigua. És per això que, quan es treballa amb ariets, es parla del cabal o quantitat d'aigua que puja, i no de quantitat d'aigua que perd. Això és degut a que d'aigua en sobra i el que interessa és pujar-ne la major quantitat. La major part dels ariets no canalitzen l'aigua rebutjada, simplement es perd.

Per altra banda, en una hipotètica situació d'escassetat d'aigua i en que l'únic objectiu sigui pujar-ne i perdre'n poca, l'ariet es pot modificar fent que en perdi menys, això sí, amb la condició de pujar-ne menys.

Un cop preses les dades i analitzades, es demostra que, efectivament, modificant el pes de la vàlvula de fons i el recorregut, es pot transformar en un enginy totalment personificable.

L'ariet amb el que he treballat durant el projecte és un ariet en el qual tots els segments són de  $\frac{3}{4}$  de polzada, menys el de la vàlvula de fons, que és d'1 polzada. L'ariet està construït en la seva totalitat de peces metàl·liques. Els tres materials emprats són llautó, acer inoxidable i acer galvanitzat. L'única peça que no és de metall és la càmera d'aire, que després de moltes proves ha esdevingut una ampolla d'aigua de 5l.

L'ariet confeccionat soluciona alguns problemes de l'ariet convencional, com la canalització de l'aigua que es perd, la mescla d'aigua i aire dins la càmera d'aire i el soroll.

Els dos primers problemes han estat solucionats correctament i eficaç. Però el tercer, fer que l'ariet no faci soroll no s'ha aconseguit del tot. Això és degut a que l'ariet, per la seva naturalesa, fa soroll. El repicar de les vàlvules no es pot evitar, però si minimitzar. Si les vàlvules tenen unes bones juntes de goma que esmorteixen el repic, el soroll es redueix bastant però no s'elimina. L'única solució seria tancar l'ariet dins una caixa coberta de material insonoritzant (suro...) , però la veritat és que com que l'ariet

acostuma a estar allunyat de les cases, ja que la seva feina és portar aigua des d'un lloc allunyat i baix, no crec que un lleuger martelleig sigui un problema greu.

Els majors problemes però, sí que s'han solucionat. Al canalitzar l'aigua que es perd per la vàlvula de fons, s'aconsegueix allargar la vida de l'ariet, ja que les peces no estan en constant contacte amb l'aigua i s'evita l'oxidació. A part, no es malmet ni s'erosiona el terreny on es troba l'ariet. Al llarg del dia es llencen molts litres que ha d'absorbir el terreny i pot acabar causant problemes. Aquest fet es va solucionar precisament per evitar degradar el terreny de la instal·lació del prototip a casa. L'ariet està instal·lat en una feixa construïda amb un mur sec i omplerta de terra. Si s'aboca quantitats molt grans d'aigua al terra, es pot afeblir la paret de pedra i crear l'ensorrament de la feixa. Per solucionar el problema s'ha dissenyat la vàlvula de fons nova amb una sortida en forma de colze on s'hi connecta una tub de desguàs.

Per tal d'experimentar amb l'ariet i obtenir dades pel seu estudi, s'han tingut en compte quatre variables per a cada situació inicial (altura del dipòsit d'alimentació i altura màxima de l'aigua pujada): el sobrepès de la vàlvula de fons, l'obertura de la vàlvula de fons, l'aigua pujada i l'aigua perduda. Tot en períodes de temps de 10 segons.

D'aquesta manera, s'han pres dades de cada obertura de la vàlvula, amb un mínim de tres pesos diferents. Les obertures estudiades són les que permetia la instal·lació pel seu correcte funcionament. Per sobre de 0,8cm en un desnivell d'elevació de 5m, l'ariet no funciona.

Les preses de dades s'han repetit en cada cas tres vegades com a mínim, fins a aconseguir uns resultats semblants i coherents. De totes les dades se n'ha fet la mitja per tal de minimitzar l'error.

Les dades recollides es refereixen als valors obtinguts durant 10 segons de funcionament de l'ariet. L'aigua pujada i l'aigua perduda s'han mesurat amb un recipient calibrat amb una precisió de  $\pm 50\text{cm}^3$  i s'han anotat en una llibreta.

Un cop totes les dades han estat entrades en un full de càlcul Excel, s'han realitzat les gràfiques i extret les conclusions.

L'ariet dissenyat com ja s'ha explicat, es pot modificar per tal de que funcioni per una finalitat o altra, depenent de quines siguin les nostres prioritats. Analitzant les dades veiem que si el fem treballar amb una obertura de 0,5cm, i un sobrepès de 144g, podem pujar 830ml d'aigua cada 10 segons. Aquests resultats són molt bons, però no hem de

tenir en compte la pèrdua d'aigua, ja que és bastant gran, perd 2,320l cada 10s. Amb aquesta configuració l'ariet estaria pensat per treballar en llocs amb excés d'aigua, on perdre'n més no és problema. L'eficiència és d'un 26,35% però amb un màxim de cabal pujat.

Si el que es vol és pujar la màxima quantitat d'aigua però minimitzant-ne la pèrdua, en una possible hipòtesis d'escassetat d'aigua, podríem modificar l'ariet deixant-lo en una obertura de la vàlvula de 0,3cm i un sobrepès de 128g. D'aquesta manera, aconseguiríem pujar 420ml d'aigua cada 10 segons perdent-ne només 780ml. L'eficiència és del 35% . Un molt bon resultat.

Finalment s'ha arribat a la conclusió que l'ariet hidràulic és un enginy molt especial, ja que es pot modificar per a adaptar-lo a les condicions de l'ús que se li vol donar, a més d'haver-se solucionat els problemes, fent-lo un enginy millorat eficientment i funcional. L'eficiència màxima a la que pot arribar no és massa elevada. Malgrat això és una màquina incansable, lenta i fidel que, el seu batec *de cor d'home de llauna* pot aconseguir grans fites. És un enginy totalment ecològic, d'energia renovable i respectuós amb el medi ambient.

L'abastiment d'aigua mitjançant un ariet no comporta cap despesa suplementària. Només cal tenir un bon cabal i un petit desnivell. Amb paciència podem fer arribar aquesta aigua al cim del món.

## 6. Glossari

---

- Altura l'elevació: L'altura d'elevació és l'altura que fem pujar l'aigua que l'ariet eleva, quan més gran és aquesta altura, menys eficiència té l'ariet, al contrari, quan més s'acosta a 1 la divisió entre l'altura d'elevació i el desnivell de treball, major és l'eficiència.
- Ariet: l'Ariet hidràulic és una bomba d'aigua peculiar. El que la fa realment especial és que funciona aprofitant la força que produeix en el seu interior un corrent d'aigua quan és tallat brusquement i a intervals regular a través del fenomen hidràulic anomenat 'cop d'ariet', sense necessitat de cap altra font d'energia externa. Si bé permet pujar aigua a altures considerables sense altre cost que el de la pròpia màquina, la seva eficiència és força limitada, raó per la qual avui és un enginy en desús, tot i haver estat molt estès anys enrere en les zones rurals i haver facilitat la vida a la pagesia abans de la generalització de l'electricitat.
- Batecs: Els batecs són les pulsacions que fa el pistó de la vàlvula de fons. Cada batec és un cicle complet dins l'ariet.
- Cabal: Quantitat d'aigua que passa per un determinat conducte amb un espai determinat de temps, com rius, canals, i en aquest cas tubs.
- Càmera d'aire: Part de l'ariet que conté aire, en aquesta càmera s'hi crea una pressió al entrar-hi aigua que, quan s'iguali a la força de la columna d'aigua d'elevació, fa que l'ariet funcioni.
- Cànem: Fibra tèxtil treta del cànem que serveix especialment per a fer cordes, cordills, etc.
- Colze: Un colze és una peça molt utilitzada en fontaneria. És un tub corvat, hi ha colzes de diferents angles, però els més utilitzats són els de 90 i 45°. Els colzes permeten canviar de direcció el cabal d'aigua d'un tub, en totes les instal·lacions d'aigua hi ha colzes.
- Contrarosca: Peça roscada que canvia de mascle a femella i a l'inrevés una rosca.

- Cop d'ariet: El cop d'ariet s'origina perquè el fluid és lleugerament elàstic (tot i que en diverses situacions es pot parlar de fluid no compressible). En conseqüència, quan es tanca bruscament una vàlvula o una aixeta instal·lada a l'extrem d'una canonada de certa longitud, les partícules de fluid que s'han detingut són empeses per les que vénen immediatament darrere i que segueixen encara en moviment. Això origina una sobrepressió que es desplaça per la canonada a una velocitat que pot superar la velocitat del so en el fluid. Aquesta velocitat depèn de la rigidesa del material de que està feta la canonada. Aquesta sobrepressió té dos efectes: comprimeix lleugerament el fluid, reduint el seu volum, i dilata lleugerament la canonada. Quan tot el fluid que circula per la canonada s'ha aturat, para l'impuls que el comprimia i, per tant, tendeix a expandir-se. D'altra banda, la canonada que s'havia eixamplat lleugerament tendeix a reprendre la seva dimensió normal. Conjuntament, aquests efectes provoquen una altra ona de pressió en el sentit contrari. El fluid es desplaça en direcció contrària però, a l'estar la vàlvula tancada, es produeix una depressió a la canonada. Al reduir la pressió, el fluid pot passar a estat gasós formant una bombolla mentre que la canonada es contrau. I és en aquestes situacions quan les canonades es fan malbé per culpa del cop d'ariet.
- Desnivell de treball: El desnivell de treball és l'altura d'on surt l'aigua que abasteix l'ariet. D'aquesta altura depèn que l'ariet funcioni, ja que la força que agafa l'aigua en la caiguda des del dipòsit a l'ariet, és la que fa funcionar-lo. Aquest desnivell pot anar des d'un metre, que és el mínim, a el que es desitgi, no hi ha límit superior.
- Dipòsit d'alimentació: El dipòsit d'alimentació és el recipient on s'emmagatzema l'aigua que farà funcionar l'ariet. L'aigua d'aquest dipòsit abasteix l'ariet.
- Eficiència: La paraula eficiència prové del llatí 'efficientia' que vol dir: acció, força, producció. Es defineix com la capacitat de disposar d'alguna cosa per aconseguir un objectiu determinat amb el mínim de recursos possibles viables.
- Espàrrec: L'espàrrec és un barra de metall roscada. N'hi ha de diferents diàmetres i llargades.
- Femella: Peça rodona, quadrada o sisavada, que té un forat roscat per a muntar-la en un caragol de rosca.
- Mascle: Peça en forma de tija que s'introdueix en el forat d'una altra.

- Obertura de la vàlvula: És el recorregut que té la vàlvula de fons, es modifica roscant una femella que faci de topall, és imprescindible modificar aquesta obertura a l'hora de augmentar el ritme dels batecs, l'aigua pujada, la perduda...
- Pressió: Acció d'una força que prem o empeny el cos a què s'aplica.
- Sobrepès: Pes que s'afegeix a la vàlvula de fons. La vàlvula ja té el seu propi pes, però al augmentar-lo o disminuir-lo podem canviar el rendiment de l'ariet, l'aigua que perd i la que puja.
- Rosca: Cilindre convex o còncav que presenta respectivament un ressalt o un solc helicoidal.
- Tefló: Polímer perfluorat, derivat del tetrafluoroetilè, inert químicament, estable tèrmicament i resistent als solvents.
- Te: Tub en forma de T que serveix per bifurcar un fluid.
- Torn: Màquina que imprimeix un ràpid moviment de rotació a una peça de fusta, de metall o d'un altre material, a la qual arrodoneix, li dóna un perfil i un calibre determinats, fent-la passar per davant d'una eina tallant que s'hi recolza.
- Vàlvula: Una vàlvula és un dispositiu mecànic amb el qual es pot iniciar, aturar o regular la circulació (pas) de líquids o gasos mitjançant una peça movable que obre, tanca o obstrueix de forma parcial un o més orificis o conductes.
- Volanderes: Peça en forma de corona circular que es posa al voltant d'un eix, com la que es posa a l'extrem de l'eix d'un carro entre la roda i la clavilla.

## 7. Agraïments

---

Per començar, m'agradaria agrair a en Xicu de Can Riera que m'acollís a casa seva, m'ensenyés els seus ariets, i em transmetés tots els seus coneixements i, sobretot, que em dediqués part del seu temps, ja que les meves visites a Can Riera no acostumaven a ser curtes.

En segon lloc, també agrair a en Mingo de Can Gasparic que, gràcies a les seves anècdotes i records, em va ajudar molt a l'hora de completar la part històrica del treball, així com la ubicació dels ariets al mapa de la vall de Santa Pau.

He de mencionar més que agrair que l'únic taller que m'ha volgut modificar les peces en tot Olot ha estat Mecanisold.S.L. Tot hi haver hagut d'insistir una mica en els terminis, al final han estat els únics que han deixat les grans feines per fer-me peces molt precises. Així que els dono les gràcies.

Agrair també a en Josep Maria, el meu tutor del treball, per haver-me ajudat quan l'hi he demanat, ja que la comunicació durant l'estiu ha estat excel·lent. No podria demanar res millor.

I per últim, i els més importants, agrair moltíssim tota la paciència, perseverança i suport que m'ha donat la meva família. Al meu pare, per aportar tantes idees que al final han servit de molt i portar-me innumerables vegades a Olot a comprar peces. A la meva mare per ajudar-me a recollir dades, donar rigor científic al treball i ensenyar-me els recursos per treballar amb l'excel. I al meu germà, per ajudar-me a transportar els dipòsits i a muntar l'ariet, ja que amb el material limitat de que disposava, collar canonades i peces, sense ajuda se m'hauria fet impossible.

## 8. Bibliografia

---

- Wikipedia. L'ariet hidràulic (en línia)  
<[http://es.wikipedia.org/wiki/Ariete\\_hidr%C3%A1ulico](http://es.wikipedia.org/wiki/Ariete_hidr%C3%A1ulico)> [Consulta:13.1.2013]
- Taller d'investigació alternativa. L'ariet hidràulic (en línia)  
<[http://www.terra.org/data/ariete\\_super.pdf](http://www.terra.org/data/ariete_super.pdf)> [Consulta:13.1.2013]
- Camilo Restrepo. L'ariet hidràulic ( en línia)  
<<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/flujoentuberias/elarietehidraulico/arietehidraulico.html>> [Consulta:2.2.2013]
- Red Permacultura. L'ariet hidràulic (en línia)  
<<http://www.redpermacultura.org/articulos/28-gestion-del-agua/252-el-ariete-hidraulico-un-sistema-de-construccion-sencillo.html>> [Consulta:15.2.2013]
- Alejandro Montesinos Larrosa, Cubasolar. Els secrets de l'ariet hidràulic (en línia)  
<<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia25/HTML/articulo05.htm>> [Consulta:5.3.2013]
- Escola d'enginyeria d'Antioquia. L'ariet hidràulic (en línia)  
<[http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/ariete/marco\\_teorico.htm](http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/ariete/marco_teorico.htm)> [Consulta:22.3.2013]
- Nuyoocaraluna. Especejament ariet hidràulic (en línia)  
<<http://www.youtube.com/watch?v=JfyAbWNsBnc>> [Consulta:5.2.2013]
- Carlos Alberto Escobar Restrepo, Enginyer agrícola. Muntatge ariet hidràulic (en línia) <<http://www.youtube.com/watch?v=AvYcSGIHUVM>> [Consulta:20.2.2013]
- Galileokg. Fabricació vàlvula de cop d'ariet (en línia)  
<[http://www.youtube.com/watch?v=-EBJ\\_Eyho0Q](http://www.youtube.com/watch?v=-EBJ_Eyho0Q)> [Consulta:18.3.2013]
- José Maria Garcés León. L'ariet hidràulic ( en línia)  
<<http://www.youtube.com/watch?v=HrVDdxjiT5s>> [Consulta:18.3.2013]
- News Soliclíma. L'ariet hidràulic (en línia)  
<<http://news.soliclíma.com/divulgacion/eficiencia-energetica/fabriquel-usted-mismo-el-ariete-hidraulico>> [Consulta:20.9.2013]



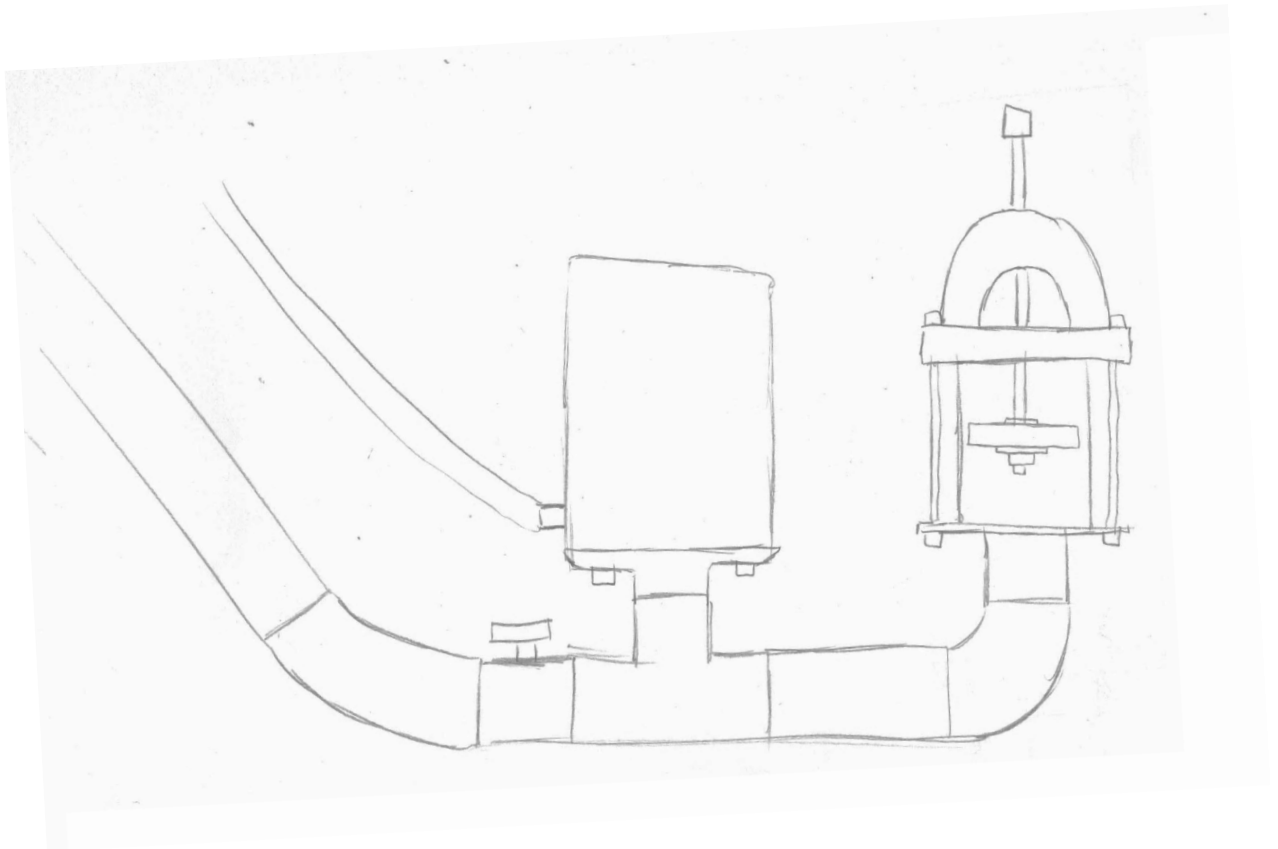
- Enciclopedia Catalana. Cop d'ariet (en línia)  
<<http://www.enciclopedia.cat/enciclop%C3%A8dies/gran-enciclop%C3%A8dia-catalana/EC-GEC-0220382.xml?s.q=cop+d%27ariet#.UlcPZlDlb75>> [Consulta: 5.10.2013]
- Cátedra de Ingeniería Rural Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real. Cop d'ariet (en línia)  
<[http://www.uclm.es/area/ing\\_rural/trans\\_hidr/tema10.pdf](http://www.uclm.es/area/ing_rural/trans_hidr/tema10.pdf)> [Consulta: 5.10.2013]

# 9. Annex

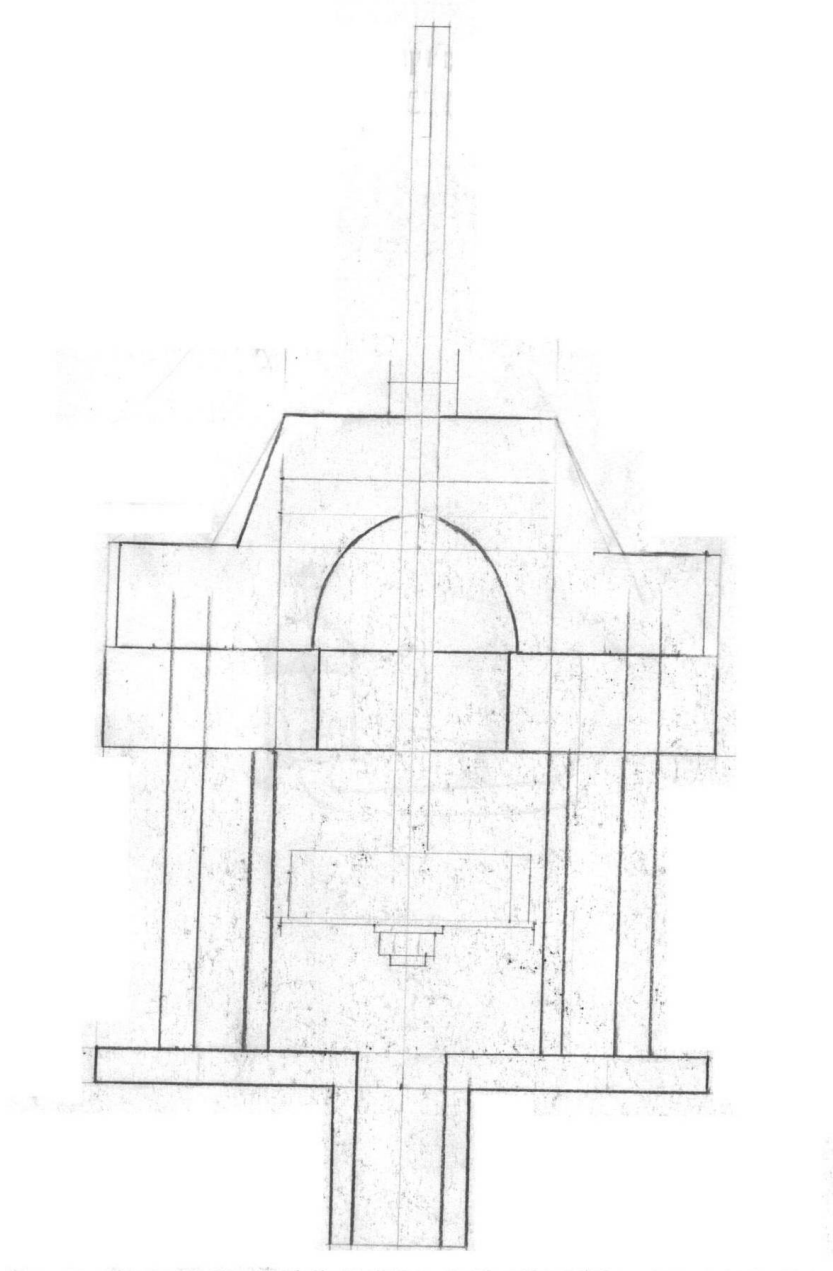
---

## 9.1. Imatges

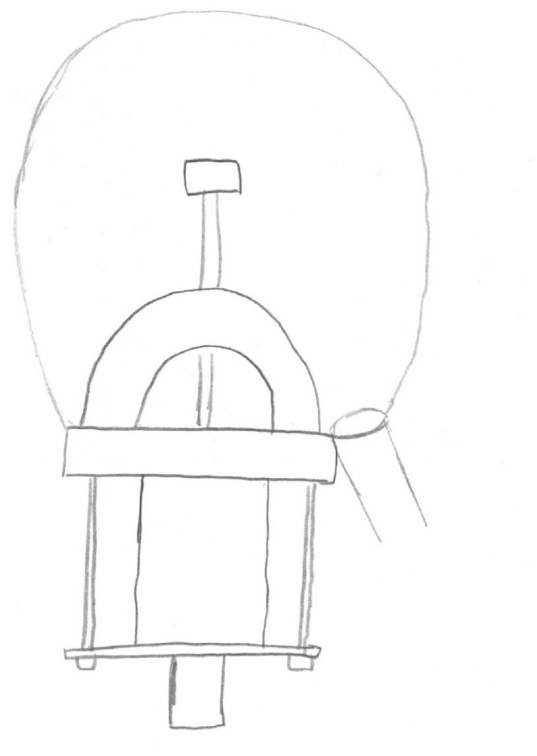
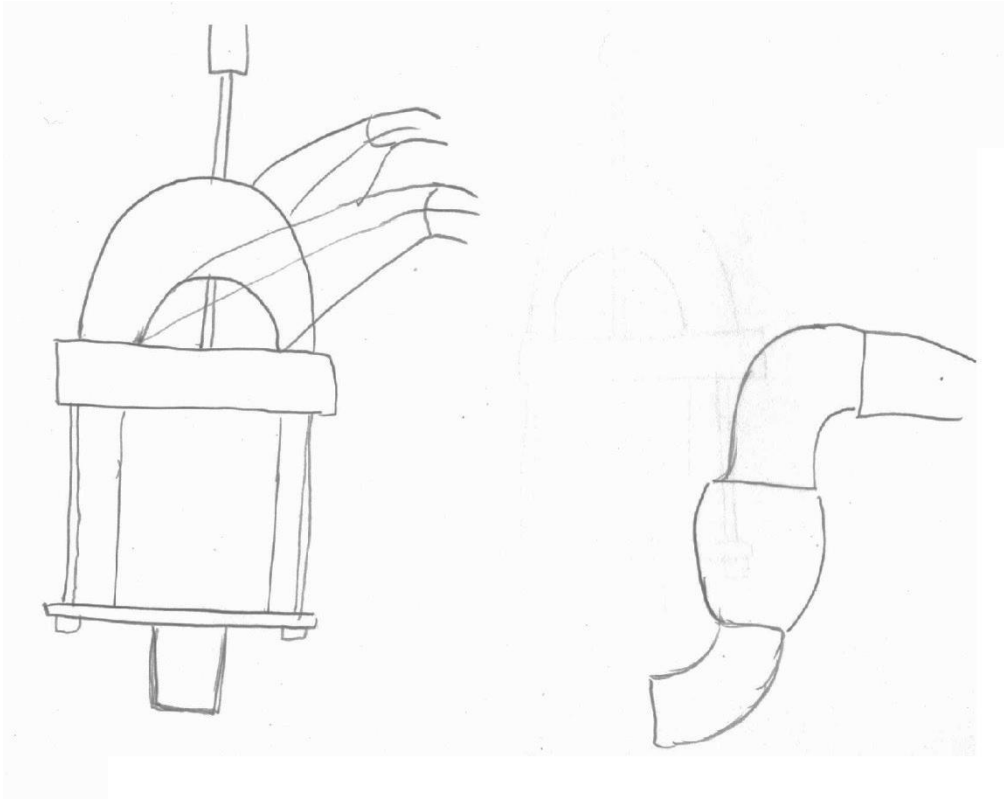
Ariet convencional



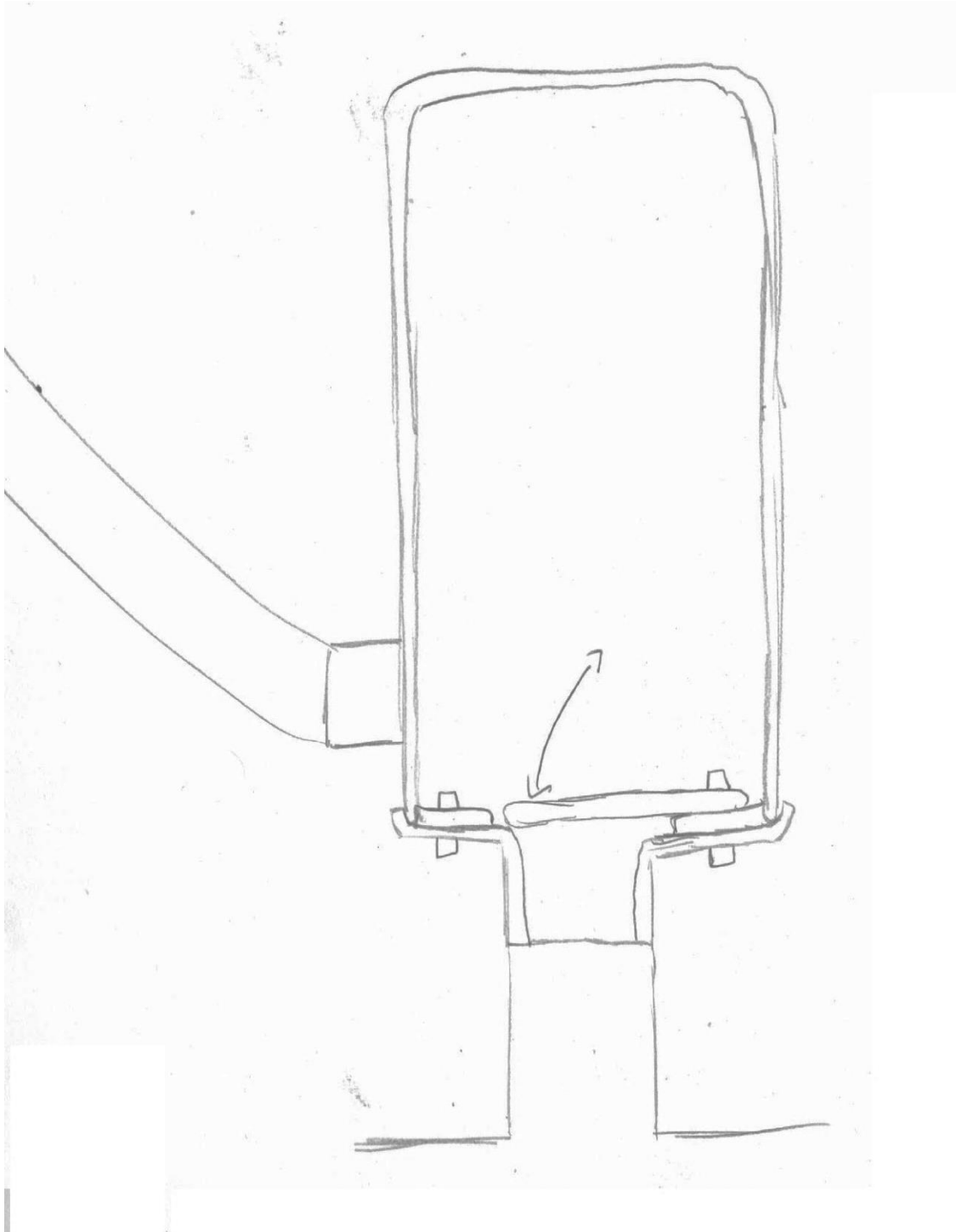
Vàlvula de sortida convencional



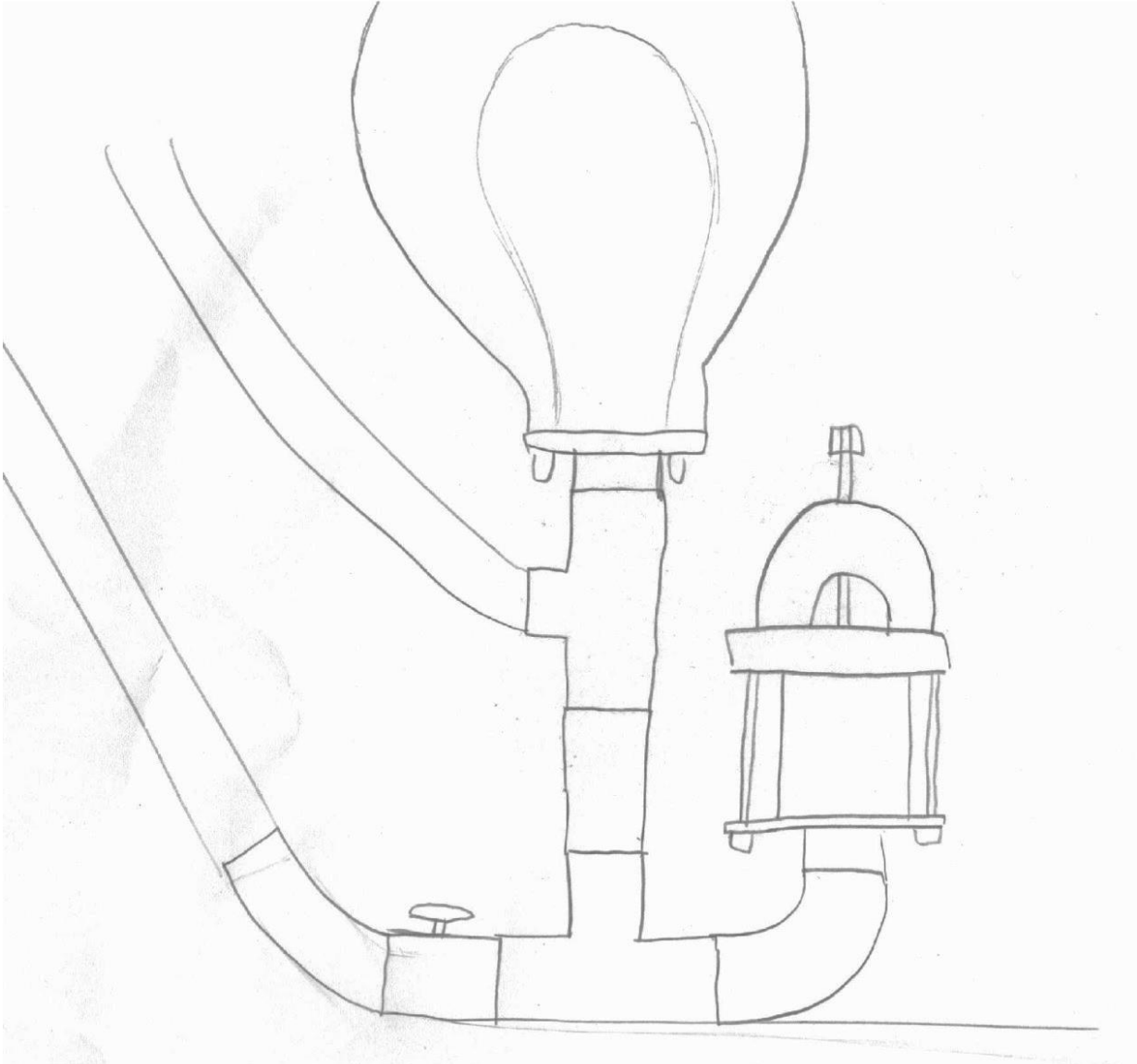
Prototips canalització vàlvula de sortida



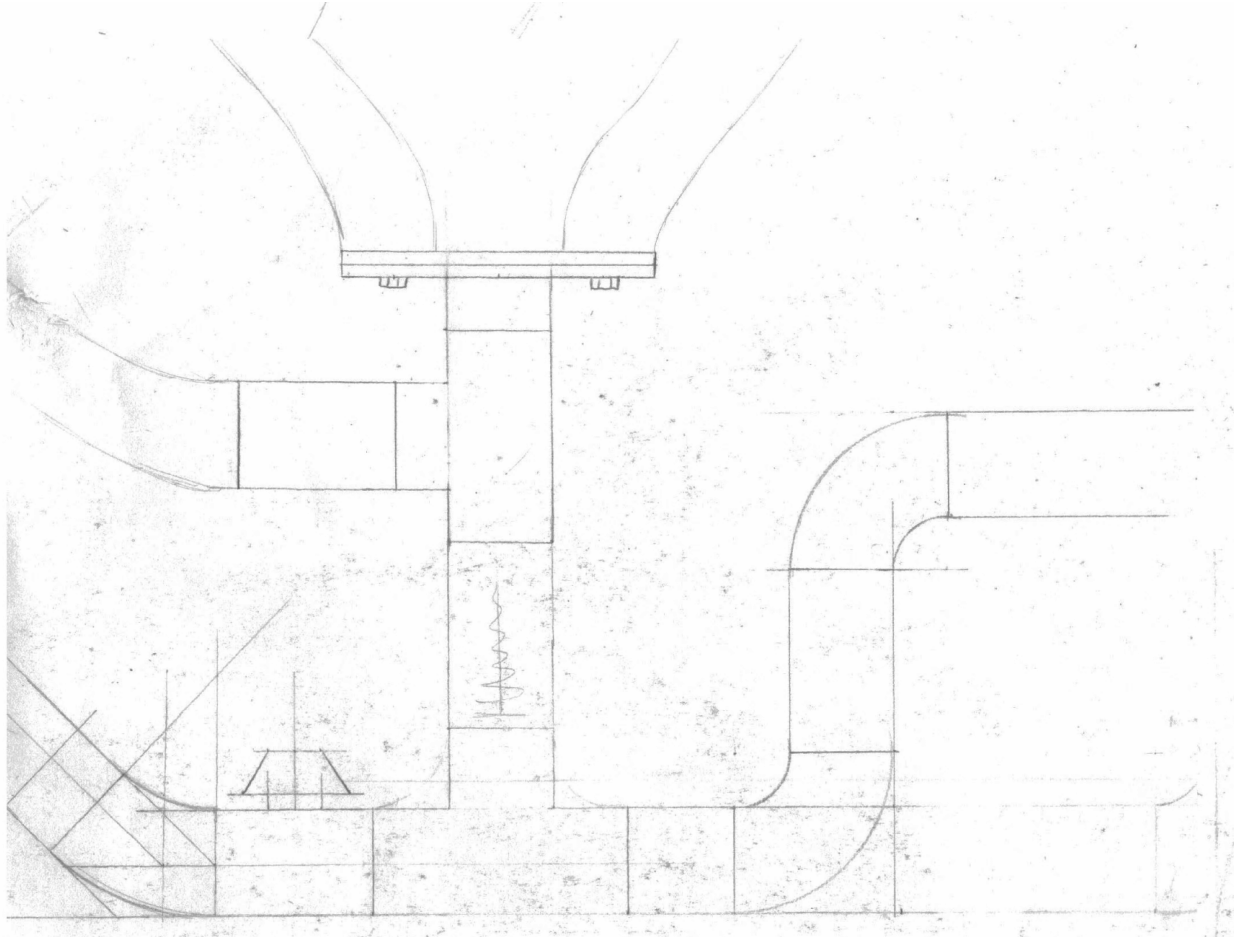
Vàlvula de retenció casolana



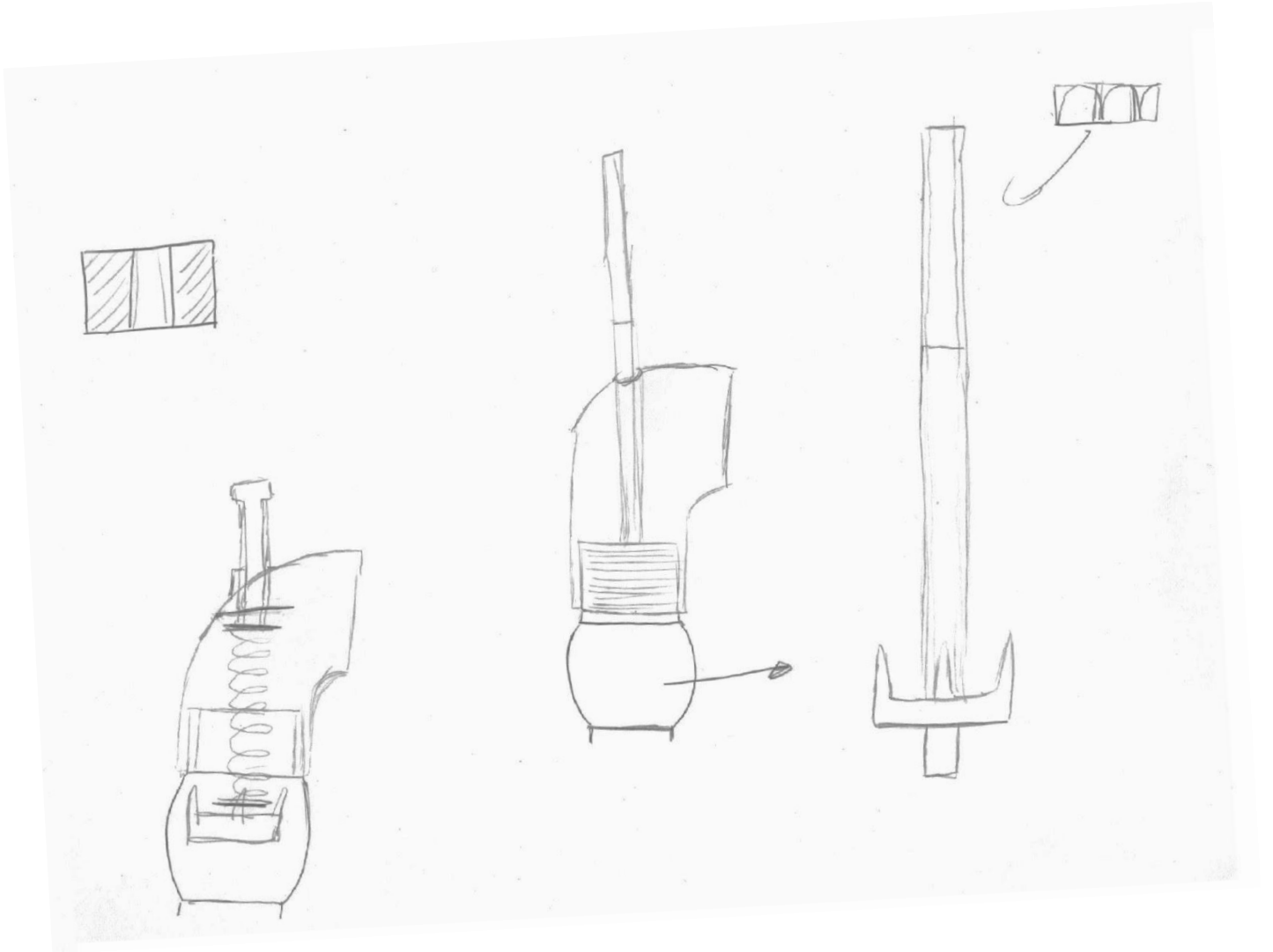
Canvi de la càmera d'aire convencional pel vas d'expansió i vàlvula de retenció nova



Canvi de la vàlvula convencional per vàlvula de clapeta

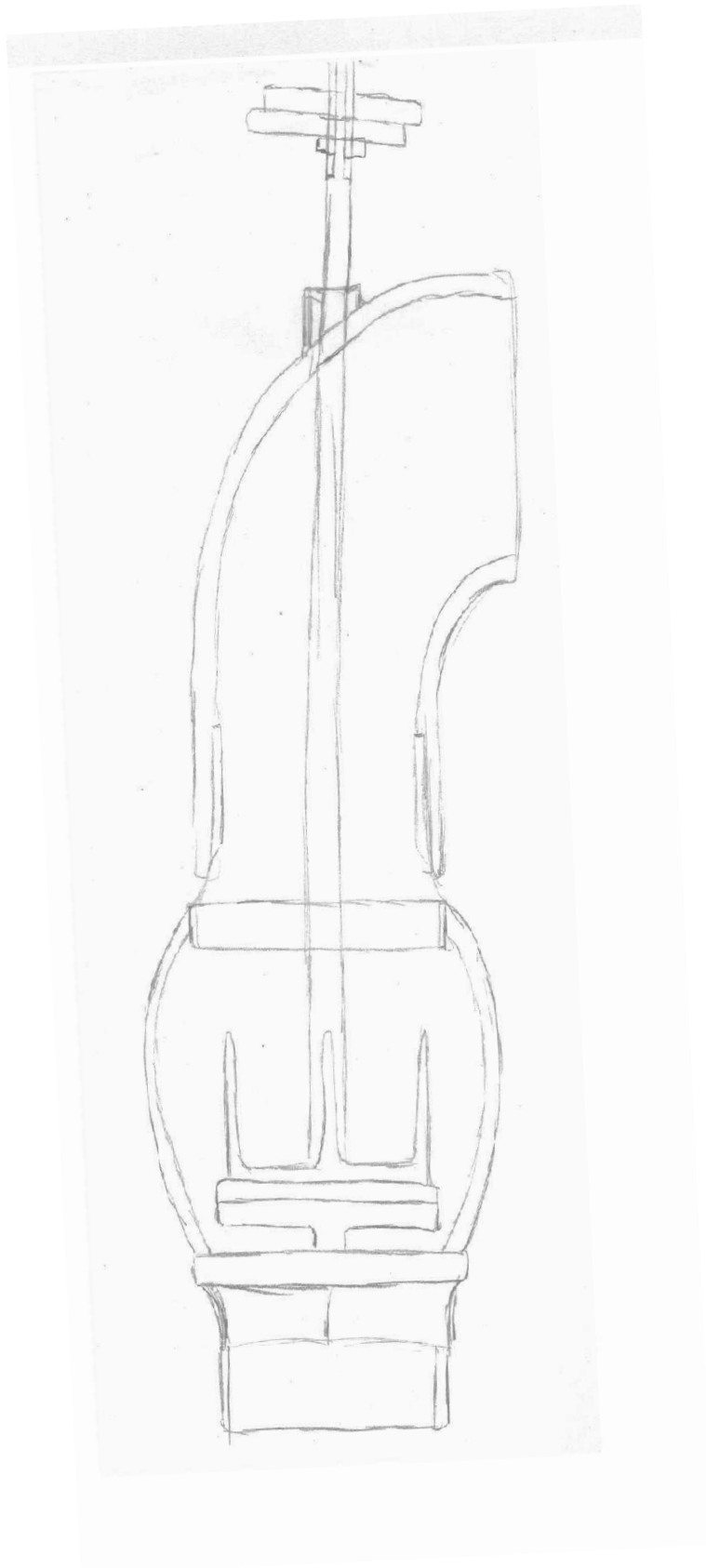


Prototips vàlvula de sortida

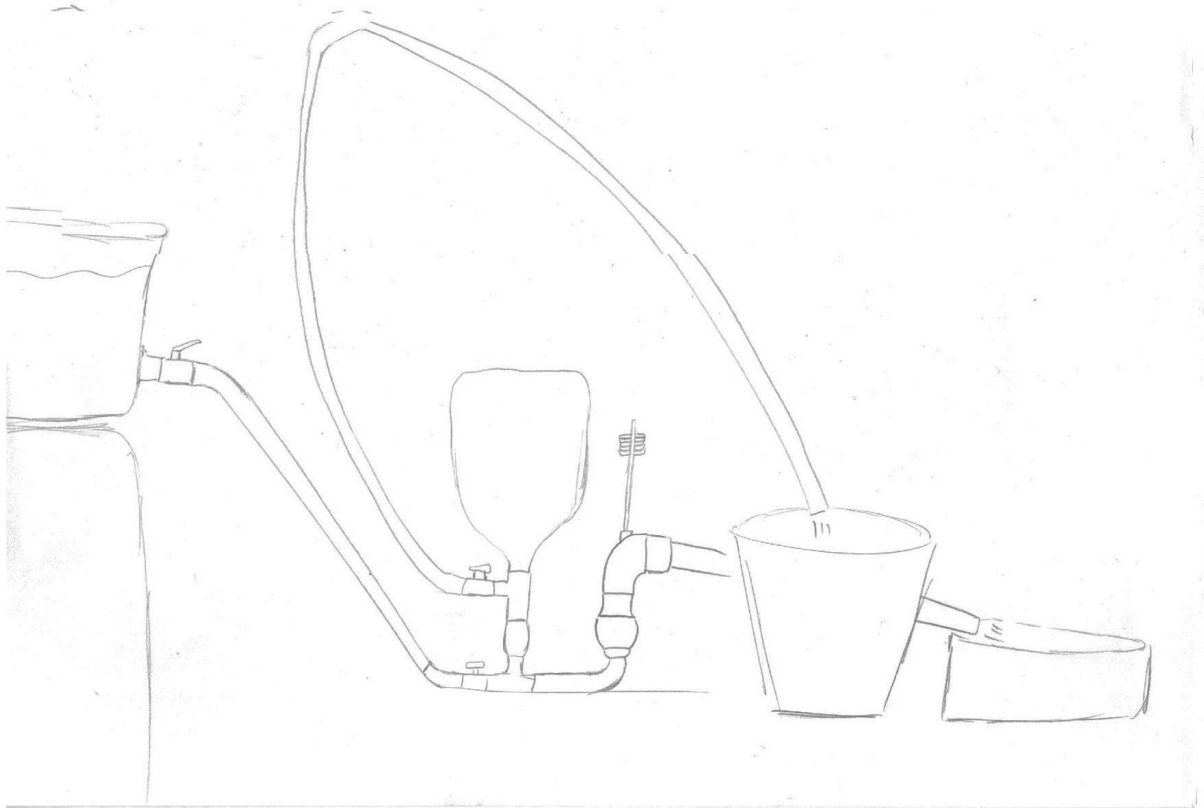




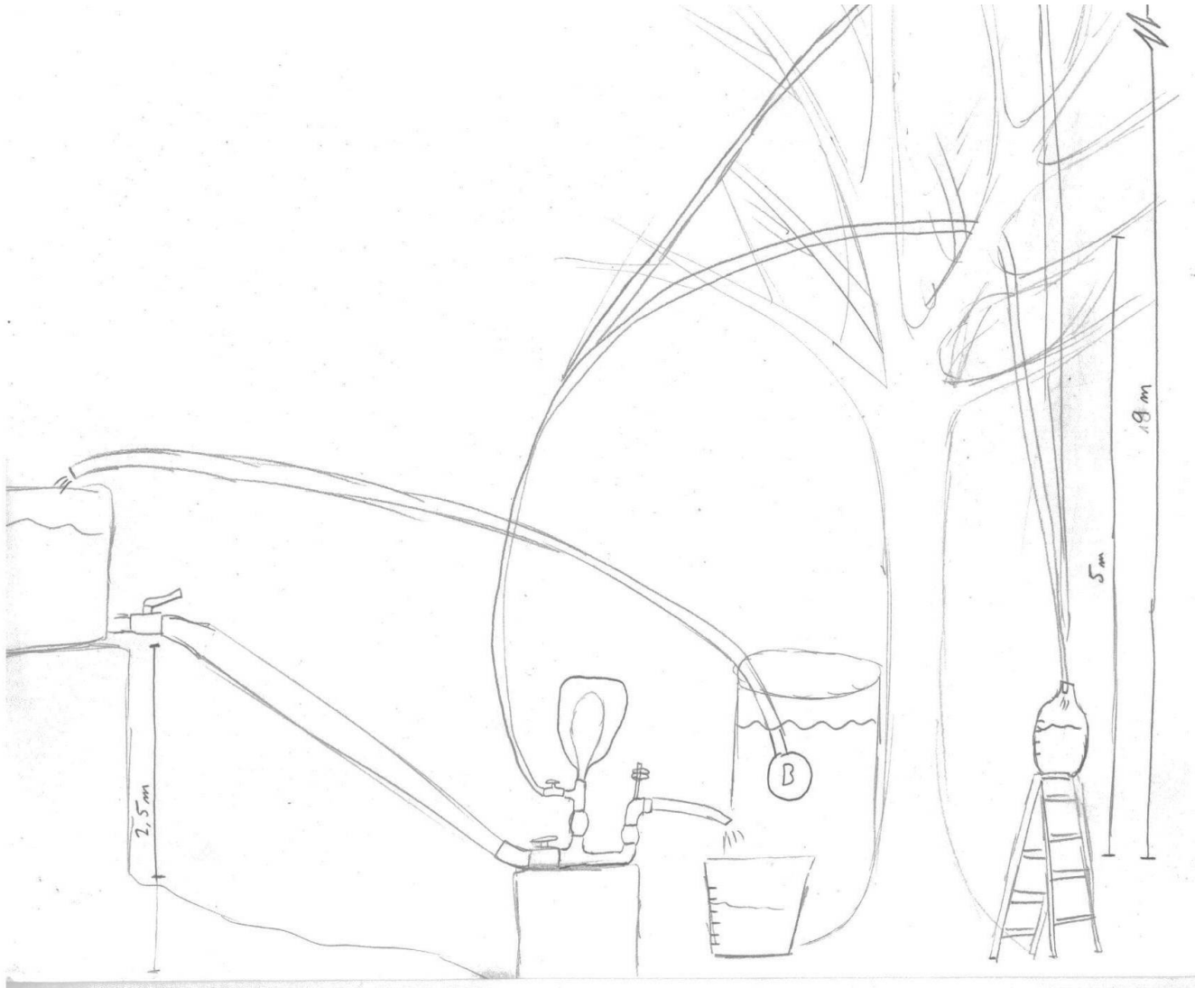
Vàlvula de sortida definitiva



Disposició del muntatge de prova de l'ariet



Disposició final per prendre dades



Vàlvula de Clapeta amb ploms



Vàlvula de clapeta amb colze



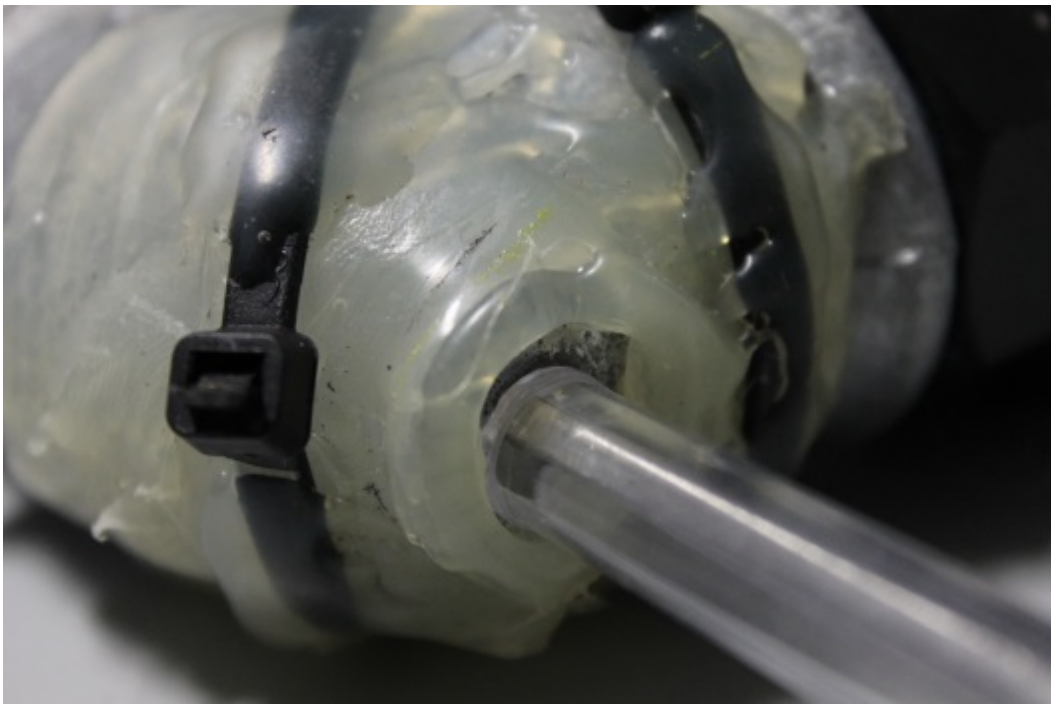
Vàlvula de fons amb molla i bola



Vàlvula de fons amb espàrrec



Volandera enganxada al colze



Vàlvula de fons final



## 9.2. Dades

Dades recollides

Alçada entrada aigua	2,5 m	temps obertura	10 s
Alçada pujada	5 m	obertura vàlvula	0,5 cm.

pes vàlvula 128 gr.

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
23	1,65	0,65
24	1,70	0,65
24	1,60	0,65

23,67	1,65	0,65
-------	------	------

pes vàlvula 144 gr.

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
19	2,30	0,80
18	2,35	0,85
19	2,30	0,85

18,67	2,32	0,83
-------	------	------

pes vàlvula 276 gr.

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
16	2,40	0,775
19	2,40	0,85
19	2,10	0,80
17	2,35	0,75

17,75	2,31	0,79
-------	------	------

pes vàlvula 380 gr.

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
16	2,60	0,825
15	2,80	0,65
15	2,90	0,75
14	2,95	0,65

15,00	2,81	0,72
-------	------	------

Batecs	Sobrepès de la vàlvula	Aigua perduda (l)	Aigua pujada (l)
23,67	128	1,65	0,65
18,67	144	2,32	0,83
17,75	276	2,31	0,79
15,00	380	2,81	0,72



Alçada entrada aigua	2,5 m	temps obertura	10 s
Alçada pujada	5 m	obertura vàlvula	0,4 cm.

pes vàlvula 306 gr.

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
25	1,50	0,75
26	1,60	0,65
25	1,65	0,75

25,33	1,58	0,72
-------	------	------

pes vàlvula 132 gr.

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
35	1,00	0,55
35	1,15	0,6
34	1,15	0,6

34,67	1,10	0,58
-------	------	------

pes vàlvula 402 gr.

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
21	1,65	0,65
22	1,70	0,7
19	2,50	0,85

20,67	1,95	0,73
-------	------	------

Batecs	Sobrepès de la vàlvula	Aigua perduda (l)	Aigua pujada (l)
34,67	132	1,10	0,58
25,33	306	1,58	0,72
20,67	402	1,95	0,73

Alçada entrada aigua	2,5 m	temps obertura	10 s
Alçada pujada	5 m	obertura vàlvula	0,3 cm.

pes vàlvula 288 gr.

pes vàlvula 128 gr.

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
37	1,00	0,5
39	1,00	0,45
39	0,95	0,45

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
48	0,80	0,45
47	0,75	0,4
47	0,80	0,4

38,33	0,98	0,47
-------	------	------

47,33	0,78	0,42
-------	------	------

pes vàlvula 406 gr.

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
35	1,10	0,55
33	1,20	0,6
34	1,25	0,55

34,00	1,18	0,57
-------	------	------

Batecs	Sobrepès de la vàlvula	Aigua perduda (l)	Aigua pujada (l)
47,33	128	0,78	0,42
38,33	288	0,98	0,47
34,00	406	1,18	0,57

Alçada entrada aigua	2,5 m	temps obertura	10 s
Alçada pujada	9 m	obertura vàlvula	0,6 cm.

pes vàlvula 48 gr.

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
30	2,05	0,45
30	2,00	0,45
27	1,95	0,45

29,00	2,00	0,45
-------	------	------

pes vàlvula 92 gr.

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
26	2,65	0,45
25	2,50	0,45
25	2,30	0,45

25,33	2,48	0,45
-------	------	------

pes vàlvula 146 gr.

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
19	3,10	0,45
19	2,80	0,40
19	3,05	0,45

19,00	2,98	0,43
-------	------	------

Batecs	Sobrepès de la vàlvula	Aigua perduda (l)	Aigua pujada (l)
29,00	48,00	2,00	0,45
25,33	92,00	2,48	0,45
19,00	146,00	2,98	0,43

Alçada entrada aigua	2,5 m	temps obertura	10 s
Alçada pujada	9 m	obertura vàlvula	0,5 cm.

pes vàlvula 60 gr.

pes vàlvula 102 gr.

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
34	1,85	0,43
36	1,75	0,40
37	1,65	0,40

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
26	2,30	0,45
26	2,30	0,45
28	2,20	0,45

35,67	1,75	0,41
-------	------	------

26,67	2,27	0,45
-------	------	------

pes vàlvula 148 gr.

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
19	3,30	0,45
21	2,90	0,45
21	3,00	0,48
21	2,50	0,40

20,50	2,93	0,44
-------	------	------

Batecs	Sobrepès de la vàlvula	Aigua perduda (l)	Aigua pujada (l)
35,67	60	1,75	0,41
26,67	102	2,27	0,45
20,50	148	2,93	0,44

Alçada entrada aigua	2,5 m	temps obertura	10 s
Alçada pujada	9 m	obertura vàlvula	0,4 cm.

pes vàlvula 40 gr.

pes vàlvula 148 gr.

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
43	1,30	0,35
42	1,40	0,38
41	1,50	0,38

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
28	2,15	0,45
27	2,00	0,40
29	2,15	0,45

42,00	1,40	0,37
-------	------	------

28,00	2,10	0,43
-------	------	------

pes vàlvula 272 gr.

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
20	3,00	0,45
19	2,95	0,45
20	3,15	0,45

19,67	3,03	0,45
-------	------	------

Batecs	Sobrepès de la vàlvula	Aigua perduda (l)	Aigua pujada (l)
42,00	40	1,40	0,37
28,00	148	2,10	0,43
19,67	272	3,03	0,45

Alçada entrada aigua	2,5 m	temps obertura	10 s
Alçada pujada	9 m	obertura vàlvula	0,3 cm.

pes vàlvula 40 gr.

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
44	1,35	0,325
45	1,325	0,325
45	1,20	0,3

44,67	1,29	0,32
-------	------	------

pes vàlvula 160 gr.

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
40	1,50	0,325
39	1,50	0,34
39	1,45	0,34

39,33	1,48	0,34
-------	------	------

pes vàlvula 410 gr.

batecs	aigua perduda (l)	aigua pujada (l)
33	1,90	0,35
32	2,10	0,35
30	2,00	0,35

31,67	2,00	0,35
-------	------	------

Batecs	Sobrepès de la vàlvula	Aigua perduda (l)	Aigua pujada (l)
44,67	40	1,29	0,32
39,33	160	1,48	0,34
31,67	410	2,00	0,35