

Dimensionament d'una Xarxa de Distribució d'Aigua Potable a Collique (Lima): Introducció al Dret Humà a l'Aigua i al Sanejament

Helena Grau Huguet i Emeka Okpala



FOTO: "Dret il·legal". Lima. Miren Etxeberria



CASOS D'ESTUDI **Dimensionament d'una Xarxa de Distribució d'Aigua Potable a Collique (Lima): Introducció al Dret Humà a l'Aigua i al Sanejament**

EDITAT PER

Engineering Sciences and Global Development Research Group,
Universitat Politècnica de Catalunya

COORDINAT PER

David Requejo-Castro, Ricard Giné-Garriga
i Agustí Pérez-Foguet (*Universitat Politècnica de Catalunya*)

DL B 5492-2018
ISBN: 978-84-697-9614-6

Aquesta obra està publicada sota
una llicència Creative Commons
Reconeixement - No comercial
- CompartirIgual



Citació: Grau-Huguet, H., i Okpala, E. 2018. "Dimensionament d'una Xarxa de Distribució d'Aigua Potable a Collique (Lima): Introducció al Dret Humà a l'Aigua i al Sanejament". A Casos d'Estudi per Integrar i Promoure Problemàtiques Globals a l'Aula d'Enginyeria Civil. EScGD (eds.). Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Barcelona. Disponible a: <http://www.eduglobalstem.cat/recursos/>

Descàrrec de responsabilitat: Aquest document ha estat produït amb el suport financer de l'Ajuntament de Barcelona. El contingut d'aquest document és responsabilitat exclusiva dels autors i sota cap circumstància pot considerar-se que reflecteix la posició de l'Ajuntament de Barcelona.

4

DIMENSIONAMENT D'UNA XARXA DE DISTRIBUCIÓ D'AIGUA POTABLE A COLLIQUE (LIMA): INTRODUCCIÓ AL DRET HUMÀ A L'AIGUA I AL SANEJAMENT

Helena Grau Huguet, Universitat Politècnica de Catalunya.

Emeka Okpala, Universitat Politècnica de Catalunya.

ÍNDIX

1. INTRODUCCIÓ	3
1.1. DISCIPLINES COBERTES	3
1.2. RESULTATS D'APRENENTATGE.....	4
1.3. ACTIVITATS	4
2. DESCRIPCIÓ DEL CONTEXT	5
2.1. CONTEXT GLOBAL DEL SECTOR AIGUA, SANEJAMENT I HIGIENE	5
2.2. DRET HUMÀ A L'AIGUA I AL SANEJAMENT	7
2.3. CAS D'ESTUDI: COLLIQUE (LIMA, PERÚ)	10
2.4. GESTIÓ DE L'AIGUA A COLLIQUE	13
2.5. COLLIQUE I EL DHAS	18
3. ACTIVITAT A L' AULA	22
3.1. SOLUCIÓ I CRITERIS D'AVUACIÓ.....	24
4. ACTIVITAT AUTÒNOMA FORA DE L'AULA	29
4.1. SOLUCIÓ I CRITERIS D'AVUACIÓ.....	34
BIBLIOGRAFIA	42
ANNEXOS	44

1. INTRODUCCIÓ

L'any 2010, l'Assemblea General de l'ONU i el Consell de Drets Humans de l'ONU van reconèixer l'aigua i el sanejament com un dret humà (DDHH). Sense cap dubte, aquesta fita representa un gran avanç en el sector aigua, sanejament i higiene (WASH, per les sigles en anglès) ja que atorga a tots els éssers humans el dret a la provisió d'uns estàndards mínims en relació a aquests serveis (Flores-Baquero, 2015).

L'Agenda 2030 per al Desenvolupament Sostenible, adoptada per l'Assemblea General de l'ONU el 2015, integra un objectiu específic per a l'aigua i el sanejament (ODS 6). Aquest Objectiu persegueix l'ambiciosa meta de "garantir la disponibilitat d'aigua i la seva gestió sostenible i el sanejament per a tots". Sens dubte, l'ODS 6 reflecteix la impregnació del dret humà a l'aigua i al sanejament (DHAS). No obstant això, encara hi ha molts milions de persones que no gaudeixen dels seus drets fonamentals d'accés a l'aigua potable i sanejament. Molts d'ells s'enfronten a importants barreres d'accés a causa del lloc on viuen i qui són. L'aigua i el sanejament per a tots no s'aconseguirà sense prestar especial atenció a les necessitats dels grups vulnerables i marginats.

Per a la realització del DHAS, es va proposar definir i incidir sobre 5 dimensions; disponibilitat, accessibilitat (física), qualitat, assequibilitat i acceptabilitat. És des d'aquest enfocament sobre el qual gira de forma més específica el present document.

Aquest cas d'estudi es centrarà en l'accés a l'aigua potable des d'un enfocament de drets humans. En aquest sentit, s'introduirà de forma breu la situació actual relativa a l'accés a aquest servei i s'aprofundirà en el significat de les dimensions del DHAS per al cas concret de l'aigua potable. En segon lloc, es realitzarà un apropament al voltant de la situació de l'accés a aquest servei en una zona periurbana de la ciutat metropolitana de Lima. Finalment, s'exposarà de forma sintètica un treball de recerca realitzat amb els habitants d'aquesta zona en relació al DHAS. Tot això compon el context del treball sobre el qual l'alumnat executarà les activitats proposades.

1.1. DISCIPLINES COBERTES

La distribució d'un servei d'aigua potable sol trobar-se en l'àmbit de l'enginyeria civil, normalment dins de les assignatures d'urbanisme, de serveis urbans o d'hidràulica. Amb aquest cas d'estudi es persegueix posar en pràctica diferents coneixements teòrics per al càlcul i pre-dimensionament de xarxes d'abastament d'aigua potable.

A més, el coneixement de mètodes de distribució i gestió de l'aigua no convencionals ajudarà a donar un enfocament més ampli als futurs professionals que es dediquin a la gestió de serveis municipals bàsics.

1.2. RESULTATS D'APRENTATGE

Com a resultat d'aquest cas d'estudi, s'espera que l'alumnat sigui capaç de:

- Pre-dimensionar una xarxa d'abastament d'aigua mitjançant fonts per a un sector urbà no convencional.
- Analitzar els impactes associats al compliment del Dret Humà a l'Aigua (DHA).
- Comprendre els diferents mètodes d'abastament d'aigua potable, així com la gestió i processos de pagament associats.
- Analitzar l'impacte dels diferents mètodes de gestió d'abastament d'aigua potable.

1.3. ACTIVITATS

El treball a dur a terme en aquest cas d'estudi es planteja en base a dues activitats. Una primera activitat a l'aula que, a la vegada, es subdivideix en dos blocs. El primer bloc convidarà a reflexionar sobre la importància d'accedir als serveis d'aigua. Aquesta reflexió es farà des d'un enfocament de Drets Humans. El segon bloc, en forma de "taller", té com a objectiu proporcionar els coneixements bàsics per dimensionar una xarxa de distribució d'aigua.

La segona activitat es realitzarà de forma autònoma, però en petits grups (3 o 4 persones). Aquesta activitat té com a finalitat que l'alumnat apliqui els coneixements adquirits a l'aula per dimensionar una xarxa d'abastament d'aigua de major dimensió. Així mateix, s'instarà a ampliar la reflexió anterior cap a aspectes de gestió d'aquest servei.

2. DESCRIPCIÓ DEL CONTEXT

En aquesta secció, s'introdueixen els conceptes bàsics associats als Objectius de Desenvolupament Sostenible i el seu monitoratge, així com les diferents dimensions del Dret Humà a l'Aigua i Sanejament. A continuació, es proporciona informació detallada sobre el context que aborda aquest cas d'estudi. Es presenten dades associades a la gestió de l'aigua i a la percepció d'un nombre d'habitants en relació a la importància relativa de les dimensions del Dret Humà a l'Aigua. Finalment, s'introdueix una possible forma de quantificar/avaluar aquesta informació.

2.1. CONTEXT GLOBAL DEL SECTOR AIGUA, SANEJAMENT I HIGIENE

L'any 2015, l'Assemblea General de l'ONU adopta l'Agenda 2030 per al Desenvolupament Sostenible, un pla d'acció a favor de les persones, el planeta i la prosperitat, que també té la intenció d'enfortir la pau universal i l'accés a la justícia. Aquesta agenda estableix 17 Objectius de Desenvolupament Sostenible¹ (ODS) i 169 metes dissenyades per ser universalment pertinents i aplicables a tots els països. Els ODS exigeixen un enfocament integrat pel que fa a les dimensions socials, econòmiques i mediambientals. Igual que en els Objectius de Desenvolupament del Mil·lenni² (ODM) formulats per al període entre 2000 i 2015, els ODS integren un objectiu específic per a l'aigua i el sanejament (ODS 6).

Aquest merescut protagonisme té les seves bases en el reconeixement de l'accés a l'aigua, el sanejament i la higiene (WASH, per les sigles en anglès) com a aspectes fonamentals per al desenvolupament humà i el seu benestar (Carter et al., 1999; Cairncross & Valdmanis, 2006). Addicionalment, la millora d'aquests aspectes en llars, centres de salut, escoles i llocs de treball, complementat amb el tractament d'aigües residuals, són una forma de reduir el risc de malalties d'origen hídric, d'aconseguir una nutrició adequada i de donar suport a la educació i al treball, així com abordar aspectes com l'eradicació de la pobresa, la desigualtat de gènere i altres desigualtats (Joint Monitoring Programme, 2015; UN-Water, 2016).

El que es planteja en aquest ODS 6 és "garantir la disponibilitat d'aigua i la seva gestió sostenible i el sanejament per a tots". Per a això, s'han formulat 8 metes específiques, on 6 de les quals fan referència als resultats que es pretenen assolir i les 2 restants als mitjans de com aconseguir-los. De forma resumida, la *Taula 1* reflecteix les metes proposades.

¹ Més informació: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

² Per a més informació consultar: <http://www.un.org/es/millenniumgoals/bkgd.shtml>

Taula 1 *Metes específiques integrades en l'Objectiu de Desenvolupament Sostenible 6.*

META	DESCRIPCIÓ
6.1	Aconseguir l'accés universal i equitatiu a l'aigua potable a un preu assequible per a tots
6.2	Aconseguir l'accés a serveis de sanejament i higiene adequats i equitatius per a tots
6.3	Millorar la qualitat de l'aigua i disminuir la contaminació
6.4	Augmentar l'ús eficient dels recursos hídrics
6.5	Implementar la gestió integrada dels recursos hídrics
6.6	Protegir i restablir els ecosistemes relacionats amb l'aigua
6.a	Ampliar la cooperació internacional
6.b	Donar suport i enfortir la participació de les comunitats locals

En aquest context, el monitoratge i l'avaluació han estat fonamentals per a la presa de decisions, ja que els governs, la societat civil i els donants necessiten dades objectives i fiables en les quals basar els mecanismes de planificació, priorització i rendició de comptes. En aquest sentit, el 1990, l'Organització Mundial de la Salut (WHO, per les sigles en anglès) i el Fons de les Nacions Unides per a la Infància (UNICEF, per les sigles en anglès) van combinar esforços amb el Programa de Monitorització Conjunt de Abastament d'Aigua i Sanejament (JMP, per les sigles en anglès), on l'objectiu principal va ser i és monitoritzar els progressos nacionals cap a la universalitat de l'accés a l'aigua i sanejament segurs. Des de llavors, el sector de l'aigua i sanejament ha experimentat una important transició en la forma d'avaluar l'accés a aquests serveis. Inicialment, s'empraven indicadors que quantificaven el mer accés a la infraestructura d'aigua o sanejament en termes de cobertura. Progressivament, el monitoratge del sector es va orientar a realitzar-se en termes més amplis de "nivell o qualitat del servei". En l'actualitat, el JMP proposa tres "escales" per monitoritzar les metes específiques 6.1 i 6.2. A la *Figura 1*, es mostren els indicadors proposats per al cas de l'accés a l'aigua³, sent aquest servei el tema el qual es centrarà aquest cas d'estudi.

³ Per obtenir informació relativa a les "escales" de sanejament i higiene, consultar *Joint Monitoring Programme (2017)*

NIVEL DE SERVICIO	DEFINICIÓN
GESTIONADO DE MANERA SEGURA	Agua para consumo proveniente de una fuente de agua mejorada ubicada en la vivienda o lote, disponible cuando se necesita y libre de contaminación fecal y por químicos prioritarios
BÁSICO	Agua para consumo proveniente de una fuente mejorada en la medida de que el tiempo de ida, espera y vuelta para conseguir agua no sea mayor a 30 minutos
LIMITADO	Agua para consumo proveniente de una fuente mejorada con un tiempo de ida, espera y vuelta para conseguir agua mayor a 30 minutos
NO MEJORADO	Agua para consumo de un pozo excavado no protegido o de un manantial no protegido
AGUA DE SUPERFICIE	Agua para consumo procedente de ríos, represas, lagos, estanques, arroyos, canales o canales de riego

Nota: Las fuentes mejoradas incluyen: agua por tubería, pozos de sondeo o pozos entubados, pozos perforados protegidos, manantiales protegidos, agua de lluvia, y agua envasada o distribuida.



Figura 1 Nova escala del JMP per als serveis d'aigua potable. Font: Joint Monitoring Programme, 2017.

La situació global en el 2015, tal com es plasma en el Joint Monitoring Programme (2017), reflecteix com el 71% (5,200 milions de persones) de la població mundial va utilitzar un servei d'aigua potable gestionat de manera segura, és a dir, ubicat a l'habitatge, disponible quan es necessita i lliure de contaminació. En relació a aquesta xifra, una de cada tres persones vivien en zones rurals. Per la seva banda, un 89% de la població mundial (6,500 milions de persones) van utilitzar almenys un servei bàsic, és a dir una font millorada situada, com a màxim, a 30 minuts d'anada i tornada per recollir aigua. Les xifres més preocupants, i que escenifiquen l'important repte a què s'enfronta el sector, reflecteixen que 844 milions de persones no tenien al 2015 d'un servei bàsic d'aigua potable, que 263 milions de persones necessitaven més de 30 minuts d'anar i tornar per a recollir l'aigua d'una font millorada (el que constitueix un servei d'aigua potable limitat), i que 159 milions de persones encara recol·lectaven l'aigua per a consum directament de fonts d'aigua superficials (58% d'elles residents a l'Àfrica subsahariana).

2.2. DRET HUMÀ A L'AIGUA I AL SANEJAMENT

Els Drets Humans són universals, inalienables, interdependents i interrelacionats. La Declaració Universal de Drets Humans estipula que "tots els éssers humans neixen lliures i iguals en dignitat i drets". Tenir accés a l'aigua potable i al sanejament és fonamental per a viure una vida digna i defensar els drets humans (United Nations and World Health Organization, 2012).

El Reconeixement del Dret Humà a l'Aigua i al Sanejament (DHAS) a través de les Resolucions de l'Assemblea General i del Consell de Drets Humans de Nacions Unides al 2010 (United Nations General Assembly, 2010a; 2010b) representa un gran avanç en el

sector WaSH ja que atorga a tots els éssers humans el dret a la provisió d'uns estàndards mínims pel que fa a aquests serveis (Flores-Baquero, 2015). Sens dubte, l'ODS 6 reflecteix la impregnació del Reconeixement de l'aigua i el Sanejament com un dret humà.

Així, el DHAS s'ha interpretat com el dret de tots a l'accés a un servei d'aigua (i sanejament) que sigui suficient, segur, accessible, culturalment acceptable i assequible per a ús personal i domèstic, i que ha de proporcionar-se d'una forma participativa, responsable i no discriminatòria (Flores-Baquero, 2015). En aquest sentit, i per a la realització d'aquest dret humà, es va proposar definir i incidir sobre 5 dimensions; disponibilitat, accessibilitat (física), qualitat, assequibilitat i acceptabilitat. Flores-Baquero (2015) realitza una síntesi descriptiva que es mostra a continuació per al cas específic de l'aigua.

“Disponibilitat

El subministrament d'aigua per a cada persona ha de ser suficient i continu per a usos personals i domèstics. Aquests usos generalment inclouen el beure, la neteja personal, rentat de roba, preparació d'aliments, higiene personal i domèstica. La quantitat d'aigua disponible per a cada persona s'ha de correspondre amb les directrius de l'Organització Mundial de la Salut (OMS). Ni la continuïtat ni la quantitat exacta requerida poden determinar-se en abstracte, ja que els requisits individuals per al consum d'aigua varien, per exemple, a causa de les condicions climàtiques, el nivell d'activitat física i les condicions de salut personals.

Accessibilitat

Les instal·lacions d'aigua han de ser físicament accessibles per a tothom, dins o als voltants de cada llar, institució de salut o educació, institucions públiques i lloc de treball. En moltes parts del món, els punts d'aigua solen estar a una gran distància de la llar, de manera que les persones, especialment les nenes i les dones, passen la major part del dia caminant per recollir aigua per a les seves necessitats diàries. La distància a la font d'aigua ha d'estar a l'abast de cada llar, tenint en compte les necessitats especials de certs grups i individus. La seguretat de les persones sovint es veu amenaçada en el seu camí o mentre utilitza el servei. El camí que condueix a la instal·lació o font d'aigua en si, ha de ser segur i convenient per a tots els usuaris, inclosos els nens, la gent gran, les persones amb discapacitat, les dones, incloses les dones embarassades i les persones amb malalties cròniques; la instal·lació en si hauria de ser accessible per a tots els usuaris i fàcil d'utilitzar.

Qualitat

L'aigua ha de ser de tal qualitat que no representi una amenaça per a la salut humana. La transmissió de malalties d'origen hídric a través de l'aigua contaminada s'ha d'evitar. En les seves directrius per a la qualitat de l'aigua potable, l'OMS defineix l'aigua potable com l'aigua que "no representa cap risc significatiu per a la salut durant tota la vida en què es consumeix, incloses les diferents sensibilitats que poden ocórrer en les etapes de la vida". Els límits màxims proveïts en les directrius de l'OMS per a una àmplia gamma de substàncies potencialment nocives poden servir com a punt de referència.

Assequibilitat

Les instal·lacions i serveis d'aigua han d'estar disponibles per al seu ús a un preu assequible per a tothom. La provisió de serveis inclou construcció, manteniment d'instal·lacions i tractament d'aigua. El pagament d'aquests serveis no ha de limitar la capacitat de les persones per adquirir altres béns i serveis bàsics detallats en els Drets Humans, com aliments, habitatge, serveis de salut i educació. La assequibilitat no requereix necessàriament que els serveis es donin de forma gratuïta. S'ha de tenir especial precaució, i garantir el procediment degut, en cas de desconexió del subministrament d'aigua a causa de la incapacitat de l'usuari per pagar. S'han de prendre mesures per garantir que aquests usuaris no quedin privats de l'accés a l'aigua potable per satisfer les seves necessitats personals i domèstiques més bàsiques.

Acceptabilitat

Les perspectives poden diferir depenent de quines solucions de subministrament d'aigua són acceptables en un context donat. L'acceptabilitat és rellevant per encoratjar les persones a fer servir fonts d'aigua segura. En particular, l'aigua ha de ser d'un color, olor i sabor acceptables. La col·locació d'un punt d'aigua o la font d'aigua existent també hauria de ser acceptable per a les persones. De la mateixa manera, els aspectes culturals poden aplicar-se a les condicions d'ús d'aquestes instal·lacions."

Com s'ha exposat anteriorment, encara hi ha molts milions de persones que no gaudeixen dels seus drets fonamentals d'accés a l'aigua potable. Moltes d'elles s'enfronten a importants barreres d'accés a causa del lloc on viuen i qui són. Són dones? Pertanyen a una minoria ètnica? Són pobres? Viuen en un barri pobre o en una zona rural empobrida? Els governs tenen l'obligació de garantir l'accés a l'aigua (i sanejament) per a tots els membres de la població, ja siguin rics o pobres, homes o dones, o si viuen en assentaments

formals o informals, o en àrees rurals, urbanes o remotes (United Nations and World Health Organization, 2012).

L'aigua (i sanejament) per a tots no s'aconseguirà sense prestar especial atenció a les necessitats dels grups vulnerables i marginats. Els principis dels Drets Humans destaquen la necessitat de dissenyar activament polítiques que prioritzin i abordin les necessitats dels grups vulnerables i marginats, en lloc de tractar a totes les persones com si s'enfrontessin a desafiaments idèntics per accedir a l'aigua potable. L'accés a l'aigua per als grups vulnerables i marginats és sovint un problema d'exclusió social, no només un problema relacionat amb l'aigua (United Nations and World Health Organization, 2012).

2.3. CAS D'ESTUDI: COLLIQUE (LIMA, PERÚ)

Perú està dividit en tres macro regions anomenades Costa, Serra i Selva. La primera d'aquestes regions és un espai desèrtic on habita la major part de la població (INEI, 2015) i és la zona de vessants hidrogràfiques que tenen només el 2.2% del total d'aigua dolça disponible del país (ANA, 2016). Segons l'informe presentat pel Joint Monitoring Programme (2017), el 95% de la població urbana accedeix a un servei bàsic (veure escala del JMP), mentre el percentatge corresponent a la població rural es redueix al 72%. En aquest sentit, s'ha de destacar que no hi ha xifres relatives a l'accés gestionat de forma segura o xifres associades a les zones periurbanes.

La capital peruana, Lima, és la segona ciutat més gran del món situada a sobre d'un desert després del Caire. El seu territori està format per turons desèrtics, i la degradació dels rius i la sobreexplotació dels aqüífers reforcen l'escassetat del recurs (Ioris, 2016). Lima Metropolitana concentra el 30% de la població del país amb 9.904.000 d'habitants (INEI, 2015), sent difícil de precisar per l'alt nombre de barris informals (coneguts com assentaments humans) ubicats a la perifèria de la ciutat. En relació al tema central d'aquest cas d'estudi, les xifres registrades mostren una cobertura d'aigua potable del 92.7%, on el 83% de les connexions tenen mesurador, i una cobertura de sanejament del 89.4% (SUNASS, 2015).

L'alt creixement poblacional del 1.8% anual (Municipalitat Metropolitana de Lima, 2016) és degut especialment a la migració de persones amb menys recursos, la qual cosa genera una pressió addicional en les àrees de Lima que no tenen els subministraments adequats d'electricitat, aigua i sanejament (veure *Taula 2*).

Taula 2 Desigualtats socio-espacials en els municipis de Lima Metropolitana en qüestió d'accés d'aigua. Font: Ioris, 2016.

CONDICIÓ ECONÒMICA	NÚMERO DE LLARS	PERCENTATGE CASES AMB SERVEI D'AIGUA
Municipalitats amb ingressos alts	92,276	99.8
Municipalitats amb ingressos mitjans	184,187	77.9
Municipalitats amb ingressos baixos	712,878	68.1

Collique

El barri de Collique forma part del districte de Comas (quart districte amb més població de Lima) i està situat al nord-est d'aquest districte.

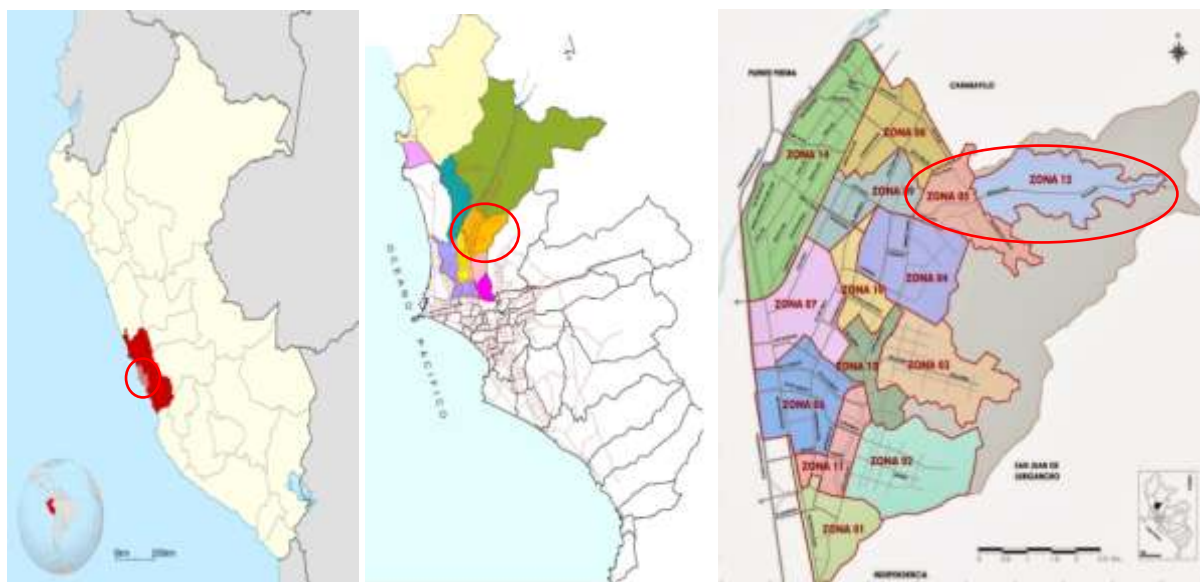


Figura 2 Ubicació geogràfica de la zona d'estudi⁴.

Es compon de 8 zones i posseeix aproximadament 116,000 habitants, encara que aquesta xifra és difícil de conèixer amb exactitud a causa de les problemàtiques amb el cens a les zones més periurbanes de la metròpoli. La mida del barri és aproximadament de 5 km² i posseeix una densitat de població de més de 23,200 hab/km². A la *Taula 3* es presenten, a nivell comparatiu, les dades relatives a la ciutat de Lima i el districte de Comas.

⁴ Font: www.wikipedia.org; <https://agendalimanorte.wordpress.com/2010/04/08/%C2%BFpor-que-lima-norte/>; http://www.agencialn.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1589:comas-es-considerado-el-distrito-mas-inseguro-de-lima&catid=43:comas&Itemid=72

Taula 3 Comparativa entre les localitzacions d'interès a nivell de població i superfície.

	HABITANTS	SUPERFÍCIE (km ²)	DENSITAT POBLACIÓ (hab/km ²)
Lima	7,605,742	2,670	2,854
Comas	525,000	48,72	11,000
Collique	116,000	5	23,200

El planejament urbà de Collique es desenvolupa a partir de l'avinguda Revolució. Aquesta avinguda recorre la part baixa de la vall en què està situat el barri i d'ella parteixen la resta de vies urbanes cap als turons. L'avinguda Revolució és l'eix central de Collique en tots els aspectes, ja que al seu voltant s'agrupen la majoria d'equipaments, connecta el barri amb la resta del districte en matèria de mobilitat i també és l'eix dels serveis urbans (entre ells, l'aigua potable i el sanejament).



Imatge 1 Distribució del barri de Collique al voltant de l'Avinguda Revolució. Font: Google Maps.

Cal tenir en compte que a mesura que creix la distància amb l'avinguda central, disminueix l'accés als serveis urbans. Els processos d'edificació a Collique han anat més ràpid que els processos d'urbanització i això ha produït un abastament tardà de moltes zones ja construïdes. Aquesta urbanització a posteriori es va agilitzar gràcies a protestes ciutadanes. La divisió del barri en vuit àrees diferents amb certa autonomia va produir un accés desigual als serveis. L'administració de Lima proposava a aquestes zones periurbanes un copagament en la provisió dels serveis d'aigua i sanejament, en canvi molts dels barris reclamaven que els serveis fossin construïts 100% amb fons públics. Aquells districtes que van acceptar el copagament de la instal·lació van tenir el servei abans.

Un altre aspecte destacable és l'expansió dels barris que s'han realitzat als turons. Normalment, els terrenys per a les cases es construeixen dinamitant àrees de la muntanya per trencar la roca i poder produir una superfície el més plana possible. En molts casos, s'observa que amb la pedra dinamitada es construeix la fonamentació dels habitatges. En aquests sectors no solen existir carrers o són molt pocs o molt estrets, per la qual cosa limita l'accés físic a totes les llars. En definitiva, aquest creixement desigual del barri va produir la poca homogeneïtat del sistema d'abastament a Collique.



Imatge 2 Distribució dels habitatges al barri de Collique.

2.4. GESTIÓ DE L'AIGUA A COLLIQUE

La distribució de la xarxa d'aigua potable, així com la seva gestió, són fonamentals per a garantir un correcte nivell de servei a la població. La infraestructura i el servei de l'aigua potable a Lima estan principalment a càrrec de l'empresa pública SEDAPAL (Servei Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima). No obstant això, al barri de Collique es poden trobar 4 formes diferents d'abastament, les quals s'exposen a continuació.

Piló comunitari

El piló comunitari (o font comunitària) és una de les formes més comunes d'abastament a la zona dels turons on s'ubiquen principalment els assentaments humans. Aquests sistemes han estat construïts i finançats per ONGs, les quals han capacitat a la població en la seva organització per al bon funcionament (creació del comitè del piló).

El funcionament del piló consisteix en emmagatzemar l'aigua en un tanc, que pot ser proveït tant per camió cisterna com per la xarxa de SEDAPAL (veure *Figura 3*). Aquest tanc distribueix l'aigua a través de canonades fins als pilons (punts d'accés a l'aigua), repartits generalment a cada quadra (illa de cases), i on es connecta una mànega per apropar el punt d'aigua als llocs d'emmagatzematge de les cases. La distribució d'aigua pot ser periòdica (cada "x" dies), o lliure, la qual cosa vol dir que hi ha la possibilitat de proveir quan

hi hagi la necessitat. La quantitat en cas de no ser restringida depèn de la capacitat d'emmagatzematge de cada llar, i si els dipòsits d'emmagatzematge s'ubiquen al sostre afavoreix la possibilitat de tenir connexió intradomiliar.

El preu del servei està determinat pel tipus d'abastiment del tanc distribuïdor. En el cas de ser per camió cisterna resulta més costós, per tractar-se d'un servei privat, que per SEDAPAL. La forma de pagament del piló depèn de l'organització de cada comitè i aquest pot ser equitatiu entre usuaris (preu total dividit per nombre d'usuaris) o per quantitat consumida.

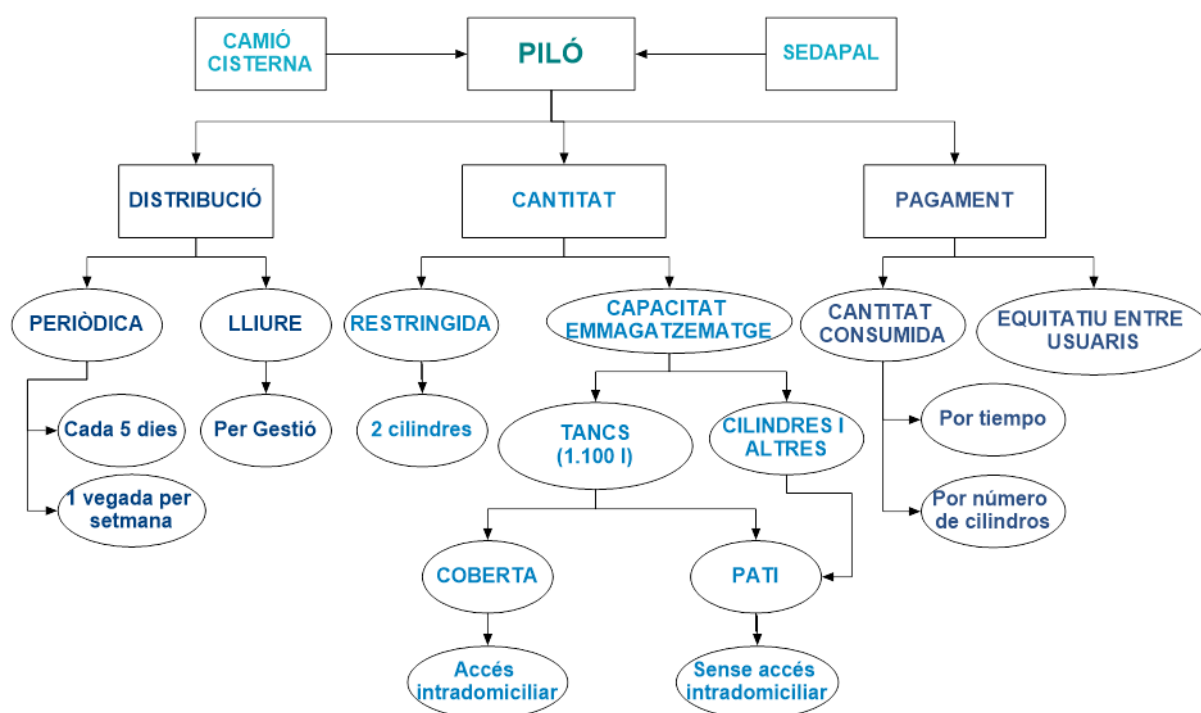


Figura 3 Esquema de la distribució per piló comunitari a Collique.

Al tractar-se d'un sistema comunitari, la gestió del piló a través del seu comitè, és un factor determinant per assegurar un bon nivell de servei per a tots els usuaris. S'ha observat que la majoria dels comitès cobren un preu una mica més elevat del que realment els costa l'aigua per tenir uns fons de reserva per al manteniment de les instal·lacions o per al pagament de l'electricitat de les bombes que alguns necessiten. Per exemple, a la setena zona de Collique, el camió cisterna ven la "tancada" a 130 sols⁵ (12 m³ que equivalen a 60 cilindres), de manera que el preu del cilindre és de 2.16 sols (el comitè cobra el preu del cilindre a 2.30 per pagar la factura d'electricitat de la bomba i el manteniment del sistema).

⁵ El Sol (S /) és la unitat monetària de curs legal a Perú des de 1991. Inicialment denominada Nou Sol (S /.), des de l'any 2015 el govern va disposar que passés a denominar-se simplement "Sol (S /)", suprimint a més l'ús del punt (S /.) en el signe monetari. 1 S/ equival a 0.25 euros (€) i a 0.31 dòlars nord-americans (US \$).

En canvi, a la vuitena zona, on els pilons són abastits per la xarxa SEDAPAL, el preu per cilindre és de 0.5 sols. En un inici es cobrava això als usuaris fins que el comitè, juntament amb els usuaris, va decidir augmentar el preu a 1 sol per recaptar fons per al manteniment. Alguns comitès són transparents pel que fa als seus comptes, coneixent els seus usuaris l'estat dels fons de reserva i per a què s'utilitzen, però d'altres no.

Xarxa SEDAPAL

La forma d'abastament més generalitzada a Collique és la connexió a la xarxa de SEDAPAL, trobant-se el major nombre d'usuaris connectats a la xarxa prop de l'avinguda principal. Com es demostra a la *Figura 4*, tot i estar connectats a la xarxa, no es pot assegurar un servei permanent les 24 hores, ja que hi ha zones on la distribució arriba a ser de dues hores diàries i en diferents horaris, no necessàriament els més convenients.

La quantitat d'aigua depèn de la capacitat d'emmagatzematge de cada llar i de la pressió de la xarxa. Igual que en el cas del piló, l'accés intradomiciliari depèn de la infraestructura (tanc a la coberta i bomba en cas de poca pressió) i per tant dels recursos econòmics.

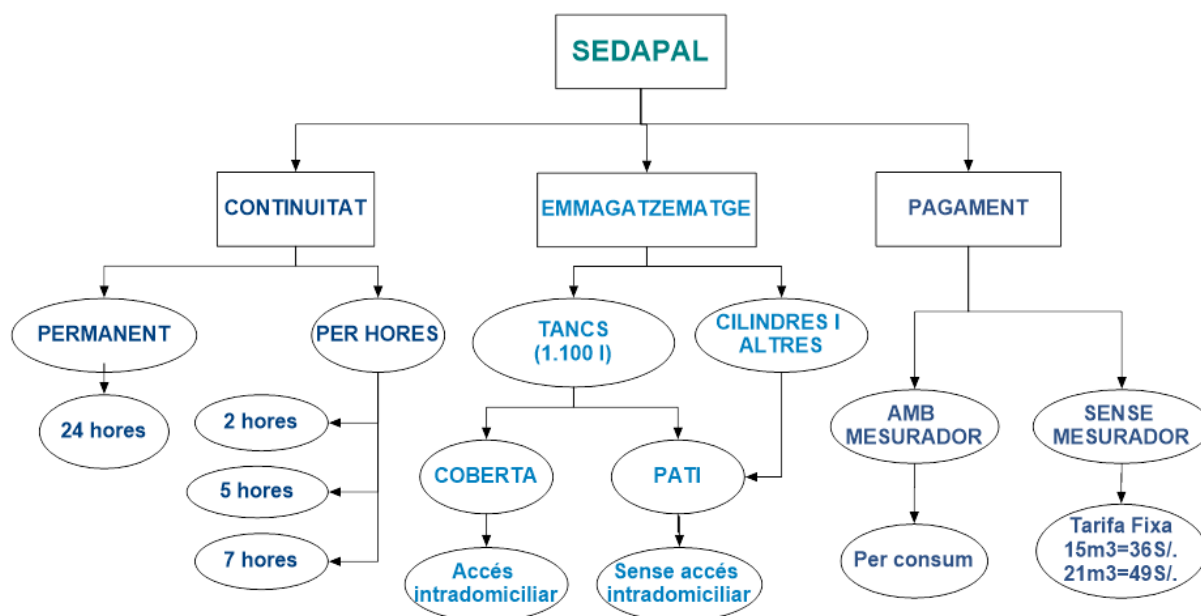


Figura 4 Esquema de la distribució a través de la xarxa de SEDAPAL.

Aquest tipus d'abastament és el més econòmic sempre que es compti amb un mesurador (pagament per consum). En cas contrari, el preu pot arribar a ser perjudicial si el consum és baix i es cobra per tarifa fixa (preu constant sense importar el consum), o beneficiós si el consum real és més gran que el consum facturat (cas observat en famílies nombroses).

Com a exemples, a la primera zona, on els arriba una tarifa fixa per no disposar de mesurador, paguen 49 sols que equivalen a 21 m³ i tenen 7 hores d'aigua al dia, mentre que

a la cinquena zona on tampoc tenen mesurador, els arriba una tarifa fixa de 36 sols que equival a 15m³ i tenen 2 hores de servei al dia.

Camió cisterna

El camió cisterna a la zona de Collique és un tipus de proveïment que ha anat a la baixa, per l'augment de la cobertura de la xarxa de SEDAPAL i de formes alternatives d'abastament com és el piló comunitari.

El camió cisterna transporta l'aigua recollida de sortidors de la SEDAPAL que garanteixen la "qualitat" d'aquesta o de sortidors clandestins que no permeten conèixer la procedència de l'aigua. Aquest servei sol ser de particulars que fan negoci de la distribució de l'aigua, de manera coordinada o periòdica (veure *Figura 5*), als llocs on no hi ha altres formes d'abastament.

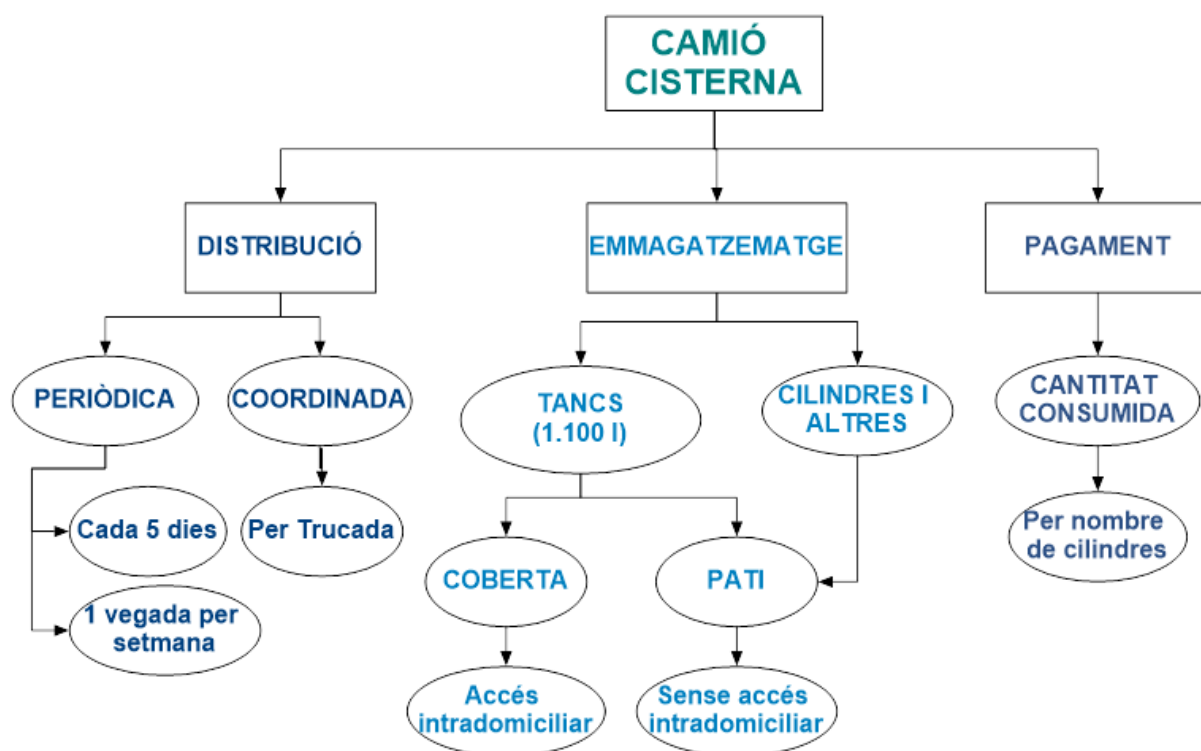


Figura 5 Esquema de la distribució a través de camions cisterna.

El camió cisterna principalment proveeix als tancs d'emmagatzematge dels pilons, cobrant per la "tancada" des de 120 sols (a la cinquena zona) fins a 160 sols (a la vuitena zona), depenent d'on hagi d'arribar.

El cost d'aigua venuda directament als particulars es cobra més car per trigar més temps en distribuir l'aigua, arribant a pagar 4.20 sols pel cilindre (200 litres), el que significa un preu de més de 16 vegades el preu de la SEDAPAL.

Veïns

Aquesta és una forma d'abastament que sorgeix per la impossibilitat de proveir aigua a través de les altres formes presentades anteriorment. La raó principal per proveir-se dels veïns és per la inexistència d'una via de comunicació que arribi a les llars sense aigua, ja sigui per la pendent del terreny o l'alta densitat de cases, que no permeten l'arribada dels camions cisterna a través d'una carretera.

De vegades es donen casos en què prop d'aquestes llars sense aigua hi pot haver pilons. Per a aquests casos, normalment es parla amb el comitè de les pilones i se'ls permet usar-los sempre que paguin la quota i ells instal·lin la bomba i mànega necessària per fer arribar l'aigua a casa seva. Però quan això no passa, s'ha de demanar als veïns que sí disposen d'aigua (normalment els que estan connectats a la xarxa) que els regalin o vinguin aigua.

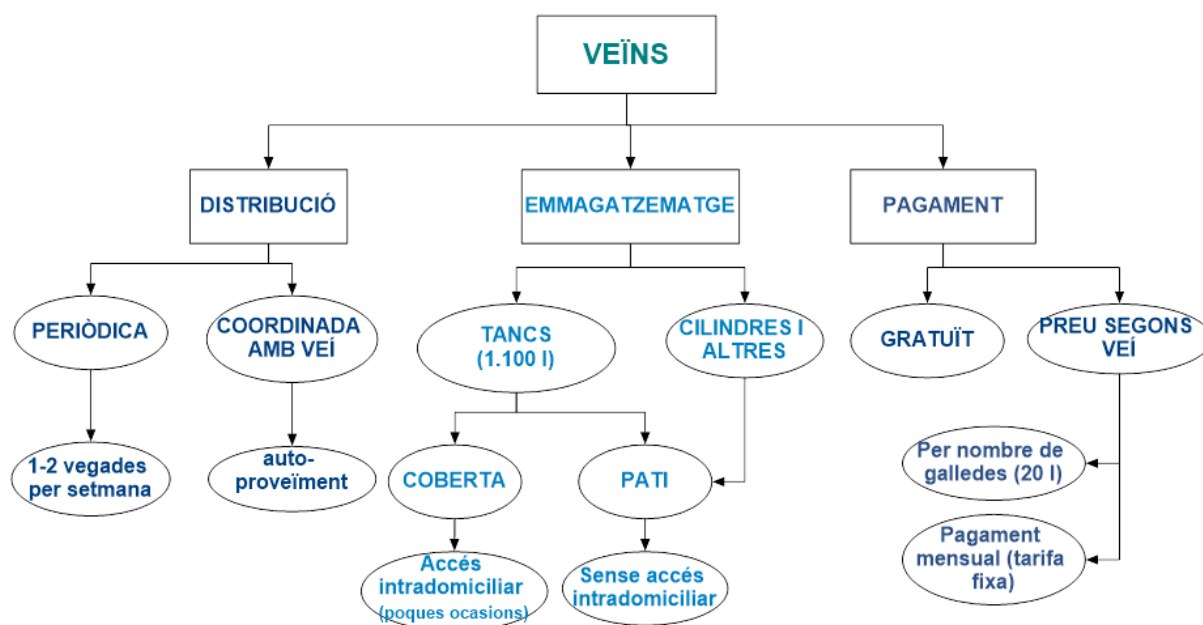


Figura 6 Esquema de la distribució a través dels veïns del barri de Collique.

Per al cas de Collique, on la major part de les llars que estan connectades a la xarxa paga una tarifa fixa, no suposa cap despesa regalar l'aigua, però es dona el cas de persones que fan negoci venent una aigua que no paguen.

Les formes d'emmagatzematge són les mateixes que per als altres casos (piló, SEDAPAL o camió cisterna) i suposen els mateixos avantatges i desavantatges segons on es pugui guardar l'aigua. Encara que per aquest cas, en no disposar d'aigua, les llars no solen disposar d'instal·lacions intradomiciliars. Respecte al preu, aquesta és la forma en què les persones poden arribar a pagar més per l'aigua. Al ser la seva única forma de poder proveir-se, estan subjectes al preu que sigui.

Resum

Para facilitar la comparación entre los sistemas de gestión presentados, en la *Taula 4* se detallan de forma resumida algunos de los aspectos más destacables.

Taula 4 Comparativa entre els diferents sistemes de gestió d'aigua.

SISTEMA DE GESTIÓ	PREU (S) / CILINDRE	OBSERVACIONS
Piló Comunitari	Camió cisterna: 2.16 (preu final 2.30) SEDAPAL: 0.5 (preu final 1)	- Càrrec extra per part del comitè comunitari (gestió comunitària) - Disponibilitat d'aigua variable
SEDAPAL	0.48	- Major qualitat d'aigua - Disponibilitat d'aigua variable
Camió cisterna	A piló comunitari: 2 - 2.67 A particular: 4.20	- Incertesa pel que fa a qualitat - Disponibilitat d'aigua variable
Veïns	Preu variable (opció més costosa)	- Major dificultat per disposar d'aigua

2.5. COLLIQUE I EL DHAS

De forma molt breu, es desitja finalitzar aquesta contextualització exposant un treball d'investigació realitzat amb un nombre d'habitants de Collique. Aquest treball perseguia obtenir informació de totes les zones de Collique a través de l'opinió de diferents grups de la població (nens, joves i dones), per alimentar una proposta d'indicadors que mesurés el nivell de servei d'aigua des de l'enfocament de les cinc dimensions del DHAS.

Per assolir aquest objectiu, es van realitzar un seguit de tallers participatius, seleccionant diferents grups d'edats de la població (nens, joves i dones). Així, es va poder obtenir una anàlisi qualitativa sobre la percepció dels participants en relació als serveis d'aigua (i sanejament). Els resultats d'aquests tallers, van resultar en 59 prioritacions individuals en relació a les dimensions del Dret Humà a l'Aigua (DHA).

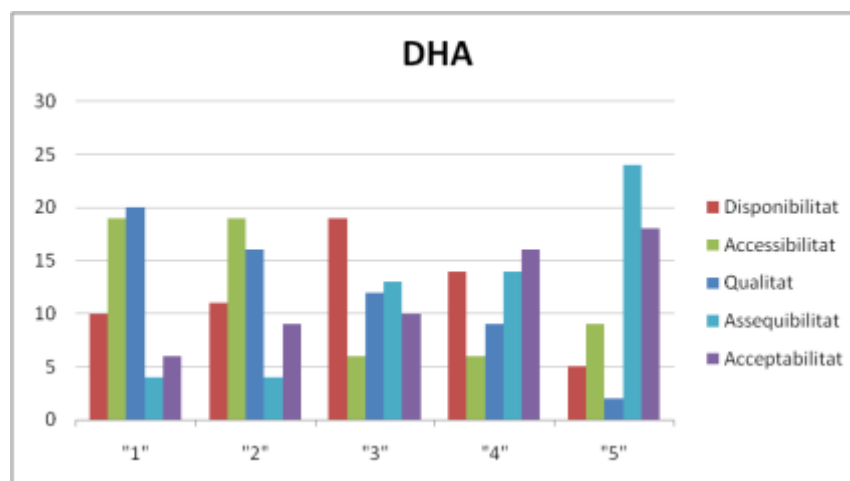


Figura 7 Respostes en relació a la prioritització de les 5 dimensions del DHA. A l'eix d'abscisses es representen l'ordre de prioritats. A l'eix d'ordenades, el nombre d'ocasions que cada dimensió va ser prioritzada en cada posició.

Com a resultat, l'ordre de les dimensions per part dels participants va quedar de la següent manera:

Taula 5 Ordenació de les dimensions associades al Dret Humà a l'Aigua.

Priorització per al DHA				
1	2	3	4	5
Qualitat	Accessibilitat	Disponibilitat	Acceptabilitat	Assequibilitat

A partir d'aquesta recerca qualitativa i una revisió de la literatura, es planteja un índex multidimensional compost per les cinc dimensions del DHA. Per a cada dimensió s'han definit cinc nivells de servei amb cinc valors, sent l'1 i el 0 el més i el menys òptim, passant per 0.75, 0.5 i 0.25. Aquest índex, encara que està aplicat per al cas específic de Collique, podria servir de base per a realitzar la mateixa valoració multidimensional en qualsevol context i així poder realitzar qualsevol comparació que s'estimi oportuna.

En les *Taules 6 i 7* es defineix el concepte de cada categoria i els seus diferents nivells de servei, respectivament.

Taula 6 Definició dels nivells de servei per a les cinc dimensions del DHA.

Definició categories DHA. Nivell del servei d'aigua				
Disponibilitat (DIS)	Accessibilitat (ACC)	Qualitat (QUA)	Assequibilitat (ASQ)	Acceptabilitat (ACP)
Aigua suficient i en continuïtat	Aigua prop i fàcil d'obtenir	Aigua apta per al consum humà	Aigua assequible per a tots	Aigua acceptada en color, olor i sabor

Taula 7 Proposta dels nivells de servei per a les cinc dimensions del DHA.

Proposta marc conceptual per al DHA. Nivell del servei d'aigua					
Nivell	Disponibilitat (DIS)	Accesibilitat (ACC)	Qualitat (QUA)	Assequibilitat (ASQ)	Acceptabilitat (ACP)
1	Servei domiciliari les 24 hores	Servei domiciliari amb instal·lacions intradomiliars en ús (B)	Servei domiciliari o per piló (proveït per la xarxa) on l'aigua és apta per al consum humà i es realitza una neteja adequada i freqüent dels recipients d'emmagatzematge	Tarifa de l'EPS (Empresa Prestadora de Servei, SEDAPAL) segons consum o tarifa fixa (sense mesurador), la qual és justa i assequible segons les possibilitats econòmiques (G)	Aigua amb aspecte a les deus (manantials) de les muntanyes: transparent, sense pudor ni gust de clor
0.75	Servei domiciliari de menys de 24 hores a 7h de continuïtat amb capacitat suficient d'emmagatzematge (A)	Servei domiciliari sense instal·lació intradomiliari (C)	Servei domiciliari o per piló (proveït per la xarxa) on es bull l'aigua abans de consumir (D)	Tarifa de l'EPS segons consum o tarifa fixa (sense mesurador), la qual representa una part important de les despeses per serveis bàsics	Aigua transparent però amb poc gust de clor
0.50	Servei domiciliari de 7h a 2h, o proveïment per piló, camió cisterna o altres (veïns), amb capacitat suficient d'emmagatzematge	Servei per piló o camió cisterna, amb tancs d'emmagatzematge al sostre i amb instal·lació intradomiliari	Servei per piló (proveït per camió cisterna) o camió cisterna de sortidors de la SEDAPAL (I)	Pagament per cilindre procedent del piló (10-15 vegades més que el preu de l'EPS)	Aigua de color blanquinós i amb molt gust de clor
0.25	Servei domiciliari de 7h a 2h o proveïment per piló, camió cisterna o altres (veïns), sense capacitat suficient d'emmagatzematge	Servei per piló o camió cisterna o altres (veïns) sense instal·lació intradomiliari	Servei per piló (proveït per camió cisterna) o per camió cisterna de sortidors clandestins o servei on l'aigua apareix tèrbola o amb elements estranys (F)	Pagament per cilindre procedent de camió cisterna o altres (veïns) (15-40 vegades més que el preu de l'EPS)	Aigua tèrbola o amb elements estranys
0	Abastament en aigües superficials (rius, sèquies ..)				

A. Capacitat suficient d'emmagatzematge fa referència al fet que es disposa de suficient espai per emmagatzemar l'aigua necessària per a realitzar les activitats diàries de tota la família.

B. Instal·lacions intradomiliars en ús vol dir o que es disposa d'un servei continu les 24 hores o que es disposen de tancs d'emmagatzematge al teulat que permeten utilitzar l'aigua a través de l'aixeta.

C. Sense instal·lació intradomiliari vol dir que no hi ha la infraestructura o que aquesta no s'utilitza perquè no hi ha continuïtat del servei les 24 hores o no es disposen de tancs d'emmagatzematge al teulat que permetin el seu ús.

D. El fet bullir l'aigua abans de consumir-la es deu a la dubtosa qualitat que pot tenir ja sigui pels talls de la xarxa, o pel desconeixement de si les mesures d'higiene en el manteniment de la xarxa i els tancs de distribució són les correctes o no.

E. La higiene dels camions cisterna depèn de la cura i manteniment que li dóna el propietari. Moltes vegades no és l'adequada. Si el camió cisterna s'abasteix dels sortidors de SEDAPAL, l'aigua prové de la planta de tractament d'aigua potable i aquesta es recull amb prou clor residual perquè arribi a les cases amb 0.5mg/l de clor residual.

F. L'aigua de la xarxa de Collique es bombeja a diferents tancs repartits per la zona i aquests distribueixen l'aigua a les cases. Si no es realitza un manteniment adequat dels tancs, com que no es disposa d'aigua les 24h, en reprendre el servei pot ser que l'aigua surti tèrbola o amb brutícia a les cases.

G. Dins assequibilitat s'inclou el poder pagar la construcció de les instal·lacions i equipaments intradomèstics o rebre subsidis si són necessaris.

Després de la presentació del marc conceptual, s'ha de destacar que les cinc dimensions no s'agreguen per igual. A cada dimensió se li assigna un pes específic segons la prioritització presentada a la *Taula 5*. De la mateixa manera, és important ressaltar que els principis dels Drets Humans apunten a la importància de valorar totes les categories per igual. En aquest cas, no es pretén menystenir cap dimensió, sinó proposar un marc conceptual que reflecteixi les necessitats específiques d'aquesta zona.

Per a la definició dels pesos, s'utilitza la metodologia anomenada "centroid" (Shepetukha & Olson, 2001), la qual proposa definir els pesos un cop es té l'ordre de les categories. Aquesta metodologia assigna el pes w_1 com el més important, el w_2 com el segon més important i així per k categories.

$$w_1 = \frac{(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{k})}{k}$$

$$w_2 = \frac{(0 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{k})}{k}$$

$$w_k = \frac{(0 + 0 + 0 + \dots + \frac{1}{k})}{k}$$

La suma d'aquests pesos serà igual a la unitat. Com més categories hi hagi menor serà l'error que implica aquesta aproximació (Shepetukha & Olson, 2001). Per al cas de cinc categories, corresponents a les cinc dimensions del DHAS, s'obtenen els següents pesos:

Taula 8 Pesos ordenats per al DHA segons la metodologia proposada.

Qualitat (QUA)	Accessibilitat (ACC)	Disponibilitat (DIS)	Acceptabilitat (ACP)	Assequibilitat (ASQ)
W_1	W_2	W_3	W_4	W_5
0.45	0.26	0.16	0.09	0.04

Finalment es formula l'índex multidimensional sobre la base de la mitjana geomètrica (o multiplicativa) de les diferents dimensions. És de gran importància tenir present que aquesta formulació no permet la compensació entre les variables. És a dir, si alguna de les dimensions s'avalua com un zero, el valor final de l'índex serà zero també.

$$\text{Índex}_{\text{DHA}} = \text{QUA}^{W_1} \times \text{ACC}^{W_2} \times \text{DIS}^{W_3} \times \text{ACP}^{W_4} \times \text{ASQ}^{W_5}$$

Substituint tant els valors del nivell de servei associats a la realitat de Collique com els valors dels pesos, s'obté el valor final de l'índex proposat:

$$\text{Índex}_{\text{DHA}} = 0.5^{0.45} \times 0.25^{0.26} \times 0.25^{0.16} \times 0.5^{0.09} \times 0.25^{0.04} = 0.37$$

3. ACTIVITAT A L' AULA

L'activitat a l'aula proposada en aquest cas d'estudi s'estructura en dos blocs diferents:

Bloc I. Es treballarà en petits grups de 3 o 4 persones, per després fer una posada en comú. La durada d'aquesta activitat s'estima en d'1 hora i 15 minuts; 45 minuts de discussió en grup i 30 minuts de discussió general. Es suggereix que el docent actuï de moderador.

Per facilitar el desenvolupament d'aquest bloc i de les successives activitats, es recomana que l'alumnat disposi de tota la informació exposada en la secció 2 del cas d'estudi. Idealment, es recomana facilitar la contextualització del cas d'estudi amb anterioritat al desenvolupament de les activitats amb la finalitat de proporcionar un temps adequat per a la seva lectura.

Bloc II. Es tracta d'un taller guiat pel docent, en què el treball serà individual per part de l'alumnat. S'estima que la durada d'aquest bloc és de 45 minuts. Específicament, el taller consisteix en proporcionar a l'alumnat la informació suficient per a realitzar el dimensionament d'una petita xarxa d'abastament d'aigua. L'objectiu és poder escalar aquest disseny a una àrea gran (activitat fora de l'aula).

BLOC I

Rànquing	DIMENSIÓ (privació)	IMPACTES DIRECTES	IMPACTES INDIRECTES
	Disponibilitat		
	Accessibilitat		
	Qualitat		
	Assequibilitat		
	Acceptabilitat		

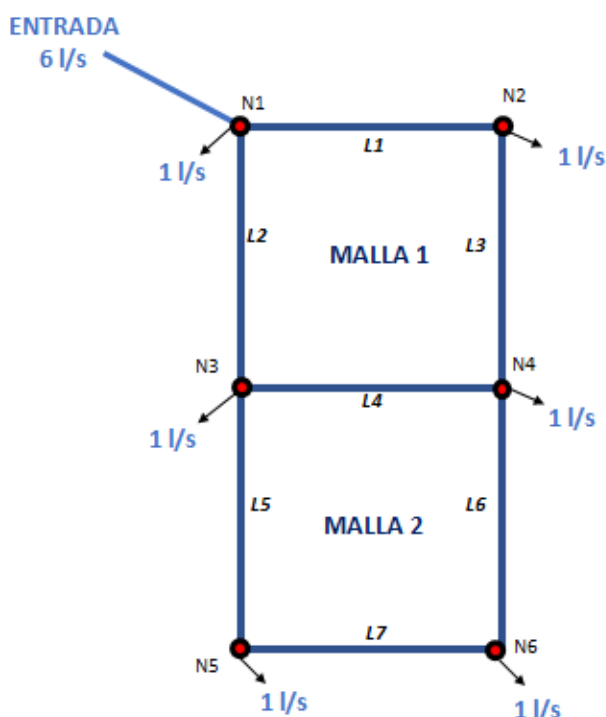
L'objectiu d'aquesta primera activitat persegueix sensibilitzar i conscienciar sobre la importància que implica accedir als serveis d'aigua. Aquest exercici es realitzarà des d'un enfocament de Drets Humans. En aquest sentit, i després d'haver presentat el contingut teòric d'aquest cas d'estudi, es proposa emplenar la taula adjunta indicant els impactes directes i indirectes associats a la privació de les dimensions del Dret Humà a l'Aigua (DHA). Els impactes es poden identificar des de diferents perspectives com la salut, el desenvolupament o el medi ambient, entre d'altres. Així mateix, s'insta a cada grup a assenyalar i justificar la dimensió que consideren més important. Finalment, i d'acord amb la situació actual de Collique (nivell de servei) i amb la prioritització realitzada, es proposa recalculer el ÍndexDHA proposat.

BLOC II

L'objectiu d'aquest taller guiat rau en proporcionar a l'alumnat un exemple il·lustratiu relatiu al dimensionament d'una petita xarxa d'abastament d'aigua. Així, es podrà abordar l'activitat fora de l'aula de manera autònoma.

El plantejament d'aquest taller serà a nivell individual. En aquest sentit, s'espera que l'alumnat sigui capaç de seguir i materialitzar els càlculs pertinents exposats pel docent. L'enunciat i dades de partida serien els següents:

Al barri de Collique es vol dimensionar una xarxa de distribució d'aigua potable que abasta dues illes de 200 m x 200 m. L'entrada d'aigua que alimenta a les malles es troba situada a 20 m per sobre dels nodes 1 i 2. A cada un dels nodes hi ha un hidrant amb una demanda punta d'1 l/s, de manera que el consum de la malla és de 6 l/s. A més, tots els trams estan formats per canonades iguals de 90 mm de diàmetre exterior. Les malles que conformen la xarxa són quadrades i iguals tal com es mostra en la següent figura:



Nodes	Altura
N1	20
N2	20
N3	10
N4	10
N5	0
N6	0

Trams	Longitud
L1	200 m
L2	200 m
L3	200 m
L4	200 m
L5	200 m
L6	200 m
L7	200 m

Amb aquestes dades de partida, s'ha de calcular el flux intern de la malla i la pressió que tindrà cada hidrant tenint en compte la pèrdua de pressió del tram de canonada.

3.1. SOLUCIÓ I CRITERIS D'AVUACIÓ

Solució Bloc I

En primer lloc, s'ha de tenir en compte que les respostes que poden tenir lloc són obertes, sobretot en la proposta de prioritització de les diferents dimensions del DHA. En cap cas, s'ha d'esperar per part de l'alumnat (possiblement inexpert en el tema) que encerti amb les seves reflexions. El simple fet de reflexionar és un dels objectius de l'activitat. No obstant això, es presenten algunes possibles respostes per tal de guiar el docent (moderador) en la posada en comú final.

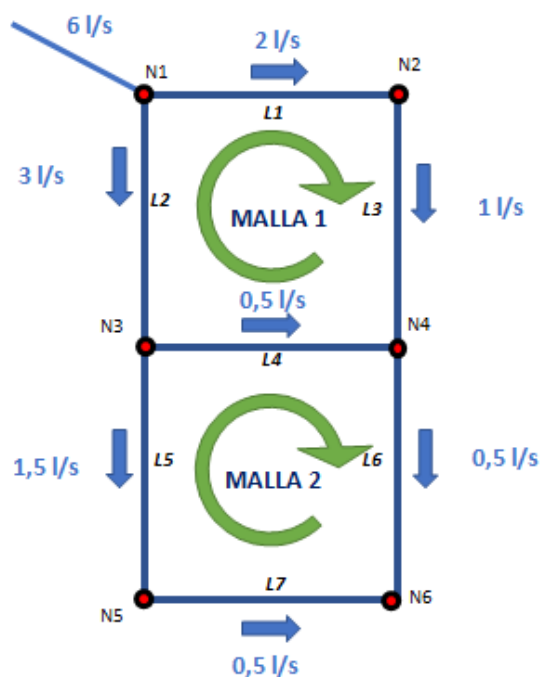
DIMENSIÓ (privació)	IMPACTES DIRECTES	IMPACTES INDIRECTES
Disponibilitat	- No es poden satisfer les necessitats quan es necessita (beure i cuinar, higiene, rentar aliments i roba)	- Inversió econòmica en dipòsits domiciliars, per exemple, per a l'emmagatzematge
Accessibilitat	- No es pot garantir el consum d'aigua necessari, en el cas que la font es trobi molt lluny (beure i cuinar, higiene, rentar aliments i roba) - Increment de la inseguretat (sobretot quan dones i nenes recullen aigua i quan les distàncies són grans)	- Dificultat per al desenvolupament d'activitats vitals i econòmiques - Possibilitat d'augmentar les agressions a nenes i dones
Qualitat	- Afectació a la salut humana (fins i tot mort) - Deteriorament ecosistemes (contaminació)	Dificultat per desenvolupar capacitats (augment de pobresa); Augment en la despesa destinada a la salut Disminució de recursos per a la subsistència (disminució de la seguretat alimentària i augment de la pobresa)
Assequibilitat	- Discriminació sobre els sectors de la població més desfavorables - Possible generació de conflictes socials	- Dificultat per accedir a altres serveis; Increment de la bretxa entre els que més tenen i els que menys - Augment de la bretxa entre institucions públiques o agents responsables de la gestió del servei; Disminució de la participació ciutadana
Acceptabilitat	- Recerca de fonts d'aigua alternatives (possible sinònim de risc per a la salut)	- Augment de la despesa a nivell de llar i de sanitat pública

Pel que fa a l'elaboració del rànquing i l'obtenció del nou índex, s'espera que cada grup pugui plantejar el seu resultat. Per tant, no es facilita cap possible resposta en aquest apartat.

Solució Bloc II

En primer lloc, cal plantejar una distribució del flux interior a la malla que compleixi amb les demandes de cada hidrant. D'aquesta manera, s'estableix un sentit de circulació de la malla per identificar el signe (positiu o negatiu) dels cabals en cada tram. El procediment detallat es mostra a l'*Annex II*.

Adicionalment, es realitzaran les iteracions necessàries per obtenir un residu (ΔQ) de zero. En aquest cas, serà suficient amb 2 i 3 iteracions, corresponents a la malla 1 i malla 2 respectivament.



Malla 1

DADES DE PARTIDA						
Tram	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	C	r _i (mm)	Q ₁ (m ³ /s)
L1	90	73.6	200	150	65,313.9	0.0020
L2	90	73.6	200	150	65,313.9	-0.0030
L3	90	73.6	200	150	65,313.9	0.0010
L4*	90	73.6	200	150	65,313.9	0.0005

ITERACIÓ 1		
Δh	Δh/Q ₁	Q ₂ = Q ₁ + ΔQ
0.66	327.70	0.0023
-1.39	462.93	-0.0027
0.18	181.55	0.0013
-0.05	100.58	-0.0005
ΣΔh	Σ(Δh/Q_i)	ΔQ
-0.6	1,072.77	0.0003

ITERACIÓ 2		
Δh	Δh/Q ₂	Q ₃ = Q ₂ + ΔQ
0.851	369.56	0.0023
-1.140	422.77	-0.0027
0.296	227.49	0.0013
-0.054	104.07	-0.0006
ΣΔh	Σ(Δh/Q_i)	ΔQ
-0.047	1,123.90	0.0000

Malla 2

DADES DE PARTIDA						
Tram	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	C	r _i (mm)	Q ₁ (m ³ /s)
L4*	90	73.6	200	150	65,313.9	0.0005
L5	90	73.6	200	150	65,313.9	-0.0015
L6	90	73.6	200	150	65,313.9	0.0005
L7	90	73.6	200	150	65,313.9	-0.0005

ITERACIÓ 1			ITERACIÓ 2			ITERACIÓ 3		
Δh	Δh/Q ₁	Q ₂ = Q ₁ + ΔQ	Δh	Δh/Q ₂	Q ₃ = Q ₂ + ΔQ	Δh	Δh/Q ₃	Q ₄ = Q ₃ + ΔQ
0.05	100.58	0.0005	0.0005	0.054	104.07	0,065	113,18	0,0006
-0.38	256.47	-0.0012	-0.0012	-0.245	208.53	-0,217	196,94	-0,0011
0.05	100.58	0.0008	0.0008	0.127	153.86	0,149	165,93	0,0009
-0.05	100.58	-0.0002	-0.0002	-0.007	41.43	-0,003	25,57	-0,0001
ΣΔh	Σ(Δh/Q_i)	ΔQ	ΣΔh	Σ(Δh/Q_i)	ΔQ	ΣΔh	Σ(Δh/Q_i)	ΔQ
-0.33	558.22	0.0003	-0.072	507.89	0.0001	-0,005	501,63	0,0000

* La L4 pertany a les dues malles.

La iteració a nivell de càlcul tindria la següent forma:

Malla 1

Tram 1

$$Q_2(1) = Q_1(1) + \Delta Q_1(1) = 2.0 + 0.3 = 2.3 \text{ l/s}$$

$$Q_3(1) = Q_2(1) + \Delta Q_2(1) = 2.3 + 0.0 = 2.3 \text{ l/s}$$

$$Q_4(1) = Q_3(1) + \Delta Q_3(1) = 2.3 + 0.0 = 2.3 \text{ l/s}$$

Tram 2

$$Q_2(1) = Q_1(1) + \Delta Q_1(1) = -3.0 + 0.3 = -2.7 \text{ l/s}$$

$$Q_3(1) = Q_2(1) + \Delta Q_2(1) = -2.7 + 0.0 = -2.7 \text{ l/s}$$

$$Q_4(1) = Q_3(1) + \Delta Q_3(1) = -2.7 + 0.0 = -2.7 \text{ l/s}$$

Tram 3

$$Q_2(1) = Q_1(1) + \Delta Q_1(1) = 1.0 + 0.3 = 1.3 \text{ l/s}$$

$$Q_3(1) = Q_2(1) + \Delta Q_2(1) = 1.3 + 0.0 = 1.3 \text{ l/s}$$

$$Q_4(1) = Q_3(1) + \Delta Q_3(1) = 1.3 + 0.0 = 1.3 \text{ l/s}$$

Tram 4

$$Q_2(1) = Q_1(1) + \Delta Q_1(1) - \Delta Q_1(2) = -0.5 + 0.3 - 0.3 = -0.5 \text{ l/s}$$

$$Q_3(1) = Q_2(1) + \Delta Q_2(1) - \Delta Q_2(2) = -0.5 + 0.0 - 0.1 = -0.6 \text{ l/s}$$

$$Q_4(1) = Q_3(1) + \Delta Q_3(1) - \Delta Q_3(2) = -0.6 + 0.0 - 0.0 = -0.6 \text{ l/s}$$

Malla 2

Tram 4

$$Q_2(2) = Q_1(2) + \Delta Q_1(2) - \Delta Q_1(1) = 0.5 + 0.3 - 0.3 = 0.5 \text{ l/s}$$

$$Q_3(2) = Q_2(2) + \Delta Q_2(2) - \Delta Q_2(1) = 0.5 + 0.1 - 0.0 = 0.6 \text{ l/s}$$

$$Q_4(2) = Q_3(2) + \Delta Q_3(2) - \Delta Q_3(1) = 0.6 + 0.0 - 0.0 = 0.6 \text{ l/s}$$

Tram 5

$$Q_2(2) = Q_1(2) + \Delta Q_1(2) = -1.5 + 0.3 = -1.2 \text{ l/s}$$

$$Q_3(2) = Q_2(2) + \Delta Q_2(2) = -1.2 + 0.1 = -1.1 \text{ l/s}$$

$$Q_4(2) = Q_3(2) + \Delta Q_3(2) = -1.1 + 0.0 = -1.1 \text{ l/s}$$

Tram 6

$$Q_2(2) = Q_1(2) + \Delta Q_1(2) = 0.5 + 0.3 = 0.8 \text{ l/s}$$

$$Q_3(2) = Q_2(2) + \Delta Q_2(2) = 0.8 + 0.1 = 0.9 \text{ l/s}$$

$$Q_4(2) = Q_3(2) + \Delta Q_3(2) = 0.9 + 0.0 = 0.9 \text{ l/s}$$

Tram 7

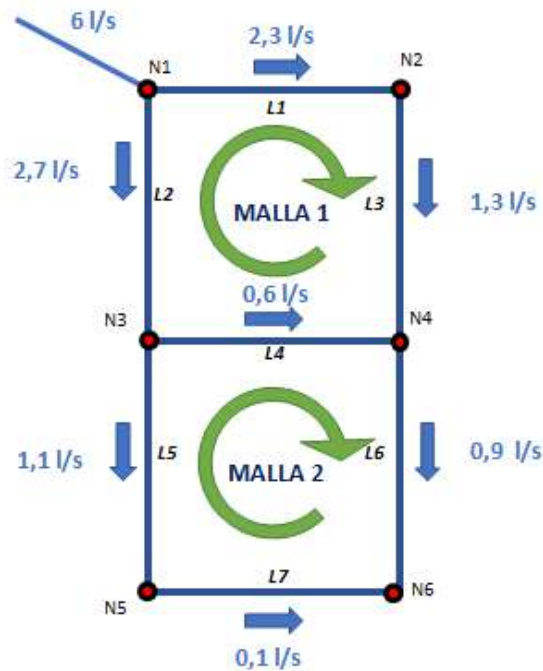
$$Q_2(2) = Q_1(2) + \Delta Q_1(2) = -0.5 + 0.3 = -0.2 \text{ l/s}$$

$$Q_3(2) = Q_2(2) + \Delta Q_2(2) = -0.2 + 0.1 = -0.1 \text{ l/s}$$

$$Q_4(2) = Q_3(2) + \Delta Q_3(2) = -0.1 + 0.0 = -0.1 \text{ l/s}$$

Com es pot observar en el tram 4, que pertany a les dues malles, es troba equilibrat prenent el ΔQ de cada malla, però de signe contrari.

Així, el resultat final del flux dins de la malla és:



Un cop trobada la solució dels cabals en cada tram, cal determinar les pèrdues de càrrega per garantir que la pressió en cada nus sigui l'adequada (entre 30 i 60 mca). Així mateix, s'han de comprovar les velocitats de circulació perquè estiguin compreses entre els valors 0.6 i 1 m/s (veure Annex I).

Tram	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	Rugos.	Q (l/s)	v (m/s)	H (m)	A _z (m)	P (mca)
1	90	73.6	200	150	2.33	0.55	0.87	40	39.13
2	90	73.6	200	150	2.67	0.63	1.12	40	38.88
3	90	73.6	200	150	1.33	0.31	0.31	50	49.69
4	90	73.6	200	150	0.57	0.13	0.06	50	49.94
5	90	73.6	200	150	1.09	0.26	0.21	50	49.79
6	90	73.6	200	150	0.91	0.21	0.15	60	59.85
7	90	73.6	200	150	0.09	0.02	0.00	60	60.00

Críteris d'avaluació

Per avaluar l'activitat proposada a l'aula es proposa l'ús de la rúbrica adjunta (veure *Annex VII*). Breument, aquesta rúbrica detalla i) els coneixements que es desitja que l'alumnat adquireixi, i ii) els críteris que s'empraran per avaluar el contingut de la resolució associada a les activitats plantejades. D'aquesta manera, es considera que es proporciona un sistema d'avaluació objectiu i transparent a l'alumnat.

En primer lloc, s'ha de posar en coneixement de l'alumnat l'existència de la rúbrica. És a dir, s'ha d'informar dels continguts que s'avaluaran. D'aquesta manera, es considera que es proporciona certa guia per enfocar les activitats proposades.

D'una banda, per avaluar el Bloc I, cada grup conformat haurà de lliurar per escrit les respostes a les qüestions plantejades. Aquestes respostes s'avaluaran recolzant-se en la rúbrica proposada. No obstant això, el docent sempre serà lliure de triar un mètode alternatiu d'avaluació si ho creu convenient. D'altra banda, el Bloc II no serà avaluat al tractar-se d'un taller guiat on l'objectiu és proporcionar els coneixements necessaris per desenvolupar l'activitat autònoma que es planteja.

4. ACTIVITAT AUTÒNOMA FORA DE L'AULA

En aquesta activitat es treballarà en petits grups de 3 o 4 persones, podent repetir els mateixos grups de treball que en l'activitat anterior (major facilitat a l'hora d'avaluar les activitats plantejades en conjunt). El motiu principal del treball en grup resideix en fomentar el debat intern. S'estima que la durada de l'activitat pugui assolir unes 15 o 20 hores de treball.

Des d'una perspectiva més tècnica, i en termes metodològics, es proposa resoldre l'exercici utilitzant un full de càlcul Excel, plantejant el problema de manera simplificada però considerant els fenòmens principals per al dimensionament de la xarxa d'abastament d'aigua. No obstant això, es vol destacar l'existència d'altres programaris específics per al càlcul de xarxes hidràuliques. Per exemple, es pot trobar l'eina que es presenta sota el nom de EPANET⁶, la qual és distribuïda en obert per l'Agència de Protecció Mediambiental (EPA, per les sigles en anglès) dels Estats Units. D'altra banda, i com a contrast, també es pot disposar del programari comercial WaterGEMS⁷, desenvolupat per Bentley.

L'objectiu d'aquesta activitat persegueix que l'alumnat apliqui els coneixements adquirits tant a través del taller guiat com per mitjà de la contextualització d'aquest cas d'estudi. Específicament, s'espera que l'alumnat sigui capaç de dimensionar una xarxa de distribució d'aigua de major grandària i que sigui capaç de reflexionar pel que fa a la gestió del servei. Sota aquestes premisses, el problema que es planteja és el següent.



Imatge 3 Zona d'actuació. Font: Elaboración propia. a partir de Google Earth.

El govern de la ciutat de Lima, a través de l'empresa pública SEDAPAL, en el seu afany per millorar el nivell de servei d'aigua, decideix ampliar la xarxa de subministrament d'aigua al barri de Collique. Un dels acords assolits garanteix l'execució de l'obra amb el compromís dels veïns d'aquest barri de participar en la gestió del servei.

⁶ Accés i informació al programari EPANET a: <https://www.epa.gov/water-research/epanet>.

⁷ Més informació sobre el programari comercial WaterGEMS a: <https://www.bentley.com/es/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/watergems>

La decisió tècnica final recau en la construcció d'una sèrie de fonts públiques ubicades en diferents punts del barri. El criteri d'ubicació recau en proporcionar a cada habitatge l'accés a una font localitzada entre 50 i 100 metres de distància.

Amb l'objectiu de simplificar el problema, en aquest cas d'estudi es treballarà sobre un conjunt limitat d'habitatges (veure *imatge 3*) pertanyent a la part alta de la zona 6 de Collique.

La dotació de disseny es fixa en 120 l/hab·dia. La justificació rau, d'una banda, en què dotacions majors a 100 l/hab·dia satisfan totes les necessitats de consum i higiene, disminuint així els impactes sobre la salut de forma gairebé total (WHO. 2003). I d'altra banda, s'inclou un més que probable increment de consum en el futur.

D'altra banda, l'àrea de servei és d'aproximadament 10.2 ha (hm²). Si s'estima una distribució homogènia de la població a Collique, la densitat de població és de 23,200 hab/km² (veure *Taula 3*), s'estima que a la zona hi viuen 2,366 persones. Si se suposa un creixement de la població del 1.5% anual, l'any 2035 s'estimen 3,187 habitants a la zona d'estudi. Per tant, es tenen les següents dades de partida:

Taula 9 Dades de partida per al disseny de la xarxa de distribució.

VARIABLE	VALOR
Població actual	2,366 hab
Població estimada al 2035	3,187 hab
Consum diari	382,464 l/dia
Consum diari en hora punta (+10%)	38,246 l/dia
Cabal de disseny	10.6 l/s

S'estima doncs un cabal en hora punta futur de 10.6 l/s per donar servei a l'àrea designada.

A més del cabal a hora punta, es necessita conèixer la geometria de la xarxa. S'ha escollit una xarxa amb 6 malles. 21 trams i 16 nodes. El motiu d'escollir aquesta geometria de malles redundants rau en la possibilitat de garantir la circulació del cabal en cas de trencament d'algun tram. El sistema de fonts es distribueix en 12 dels nodes de la xarxa, els quals tindran un cabal de sortida idèntic de 0.883 l/s. La ubicació d'aquests hidrants s'ha realitzat en base al criteri d'accessibilitat detallat anteriorment (veure *Figura 8*).

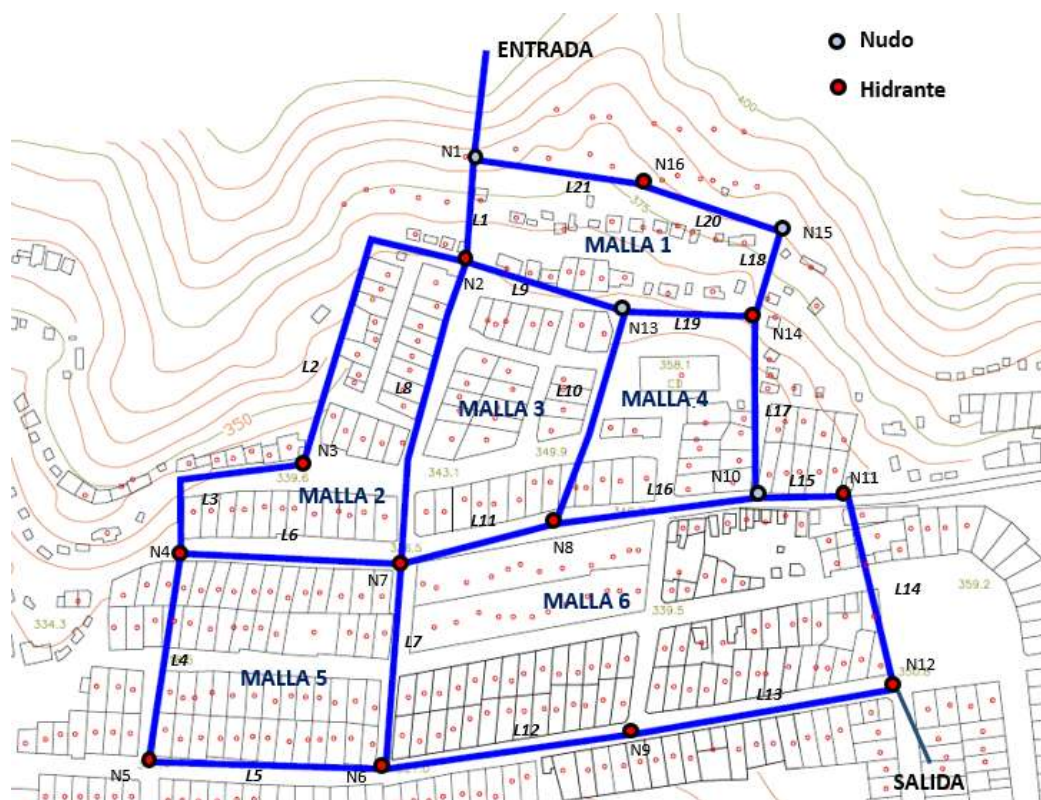


Figura 8 Proposta geomètrica de la xarxa de distribució.

Finalment, es proporcionen les dades necessàries associades als trams de canonada i nodes de la xarxa per poder abordar l'activitat.

TRAM	LONGITUD (M)	TRAM	LONGITUD (M)
L1	47.6	L12	117.8
L2	146.3	L13	120.3
L3	81.0	L14	92.2
L4	94.7	L15	42.8
L5	109.6	L16	93.4
L6	101.9	L17	84.2
L7	95.4	L18	41.2
L8	141.2	L19	60
L9	77	L20	70
L10	103.7	L21	75.8
L11	73.6		

Com a punt d'entrada d'abastament, es construirà un dipòsit d'emmagatzematge que estarà situat a 8 metres sobre el node N1. Aquesta alçada permet que, per gravetat, el flux d'aigua es distribueixi a les fonts públiques superant el gradient hidràulic. La capacitat del dipòsit s'estima en 1,000 m³, encara que aquesta dada no influeix a l'hora de dimensionar la xarxa de distribució, però sí a l'hora d'entendre el funcionament del sistema.

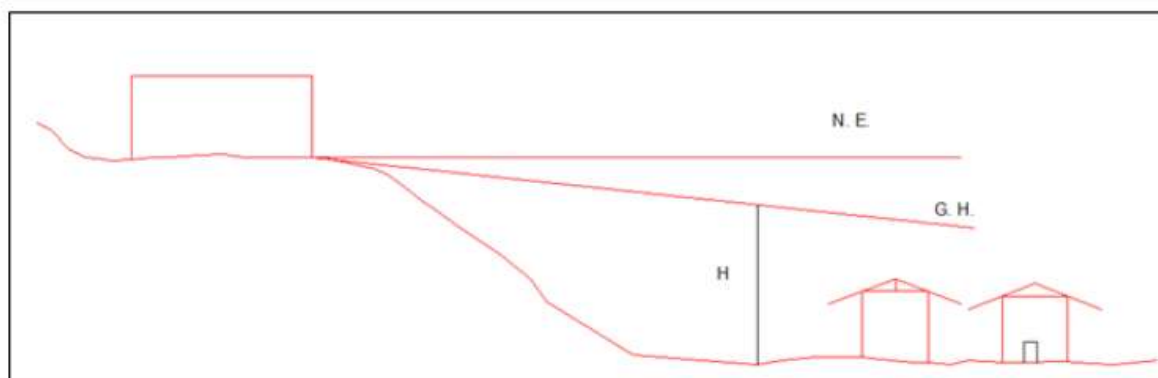


Figura 9 Esquema de distribució d'un dipòsit en alçada. Font: Jiménez Terán, 2013.

NODE	ALTITUD (M)
N1	382
N2	360
N3	360
N4	333
N5	311
N6	321
N7	336
N8	340

NODE	ALTITUD (M)
N9	335
N10	350
N11	355
N12	350
N13	362
N14	372
N15	380
N16	377

Un cop proporcionades les dades necessàries per a desenvolupar l'activitat tècnica proposada, es requereix que l'alumnat també reflexioni i plantegi la seva resposta a les qüestions indicades a continuació. Addicionalment, es sol·licita vincular aquestes reflexions amb el codi ètic de la professió. Per a tal fi, es pot prendre com a exemple el codi deontològic per a enginyers industrials (veure *Annexos III i IV*), podent utilitzar un altre document similar si es considera convenient.

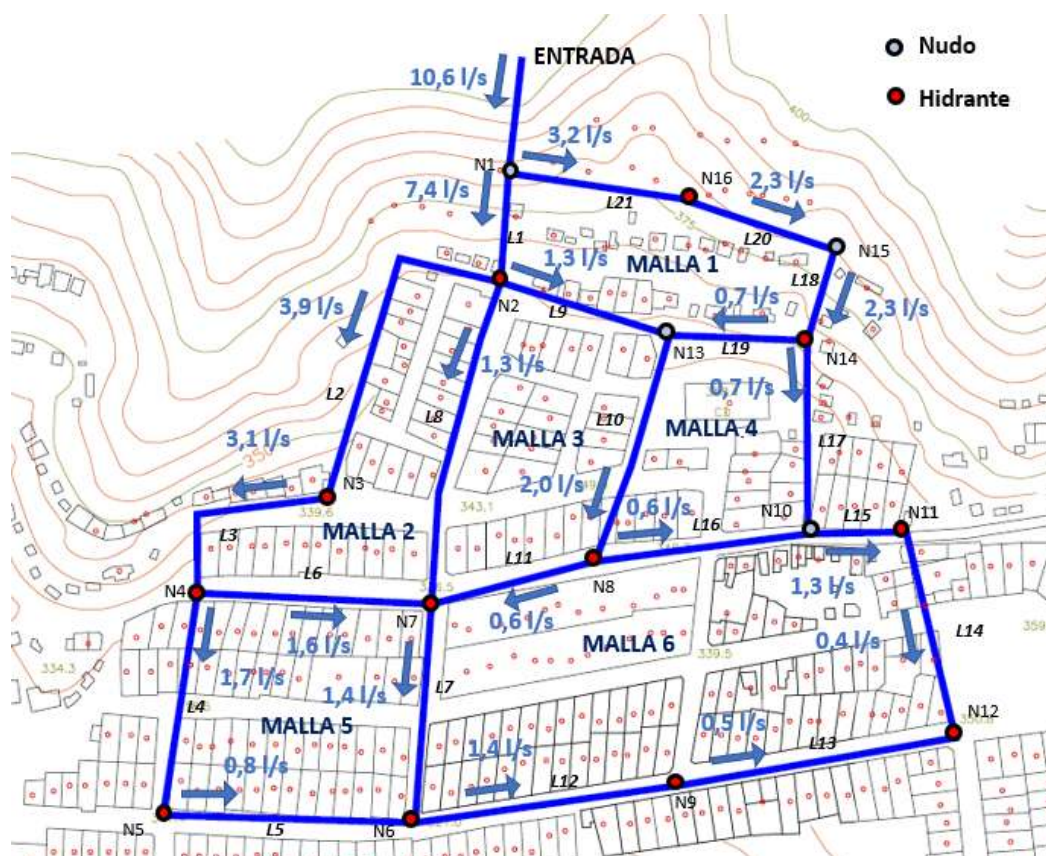
1. Analitzar i discutir els resultats tècnics obtinguts.
2. Plantejar un esquema de gestió de la xarxa que es construirà (màxim 2 pàgines). En aquesta proposta, es pot incidir sobre aspectes relatius a l'organització entre els residents del barri, la relació amb SEDAPAL, el control de l'aigua subministrada (qualitat, consum, etc.), l'estratègia a mig/llarg termini, l'actuació en base a la població més vulnerable del barri, la transferència de coneixement, etc. Addicionalment, i des del punt de vista ètic, reflexionar sobre la necessitat/responsabilitat de l'enginyer/a de participar en el procés de disseny del sistema de gestió.
3. Detallar els possibles motius pels quals no s'ha executat un projecte en el qual es proveeixi als habitatges de connexió domiciliar d'aigua.
4. En el cas d'emprar un altre codi ètic de la professió, comparar de forma breu les principals similituds i diferències.

5. Comparar el resultat de construir fonts públiques i connexions domiciliars des de la perspectiva i metodologia de l'índex multidimensional plantejat ($\text{Índex}_{\text{DHA}}$). Per a tal fi, recolzar-se en la proposta conceptual detallada a la *Taula 7*.

6. Reflexionar sobre la idoneïtat d'emprar l'índex multidimensional proposat per avaluar el nivell de servei d'aigua. Consideres que s'haurien d'incloure les dimensions del DHA per avaluar l'acompliment d'un prestador de servei com SEDAPAL? Valorar pros i contres d'implementar aquesta proposta.

4.1. SOLUCIÓ I CRITERIS D'AVALUACIÓ

S'han de realitzar els càlculs hidràulics per a cada tram. Per a això s'ha de partir d'una primera suposició de repartiment de cabals per a cada malla, assignant uns sentits de flux aleatoris. Aquests sentits i cabals serviran per realitzar la primera iteració del procés de càlcul. Una possible distribució de cabals podria ser la següent:



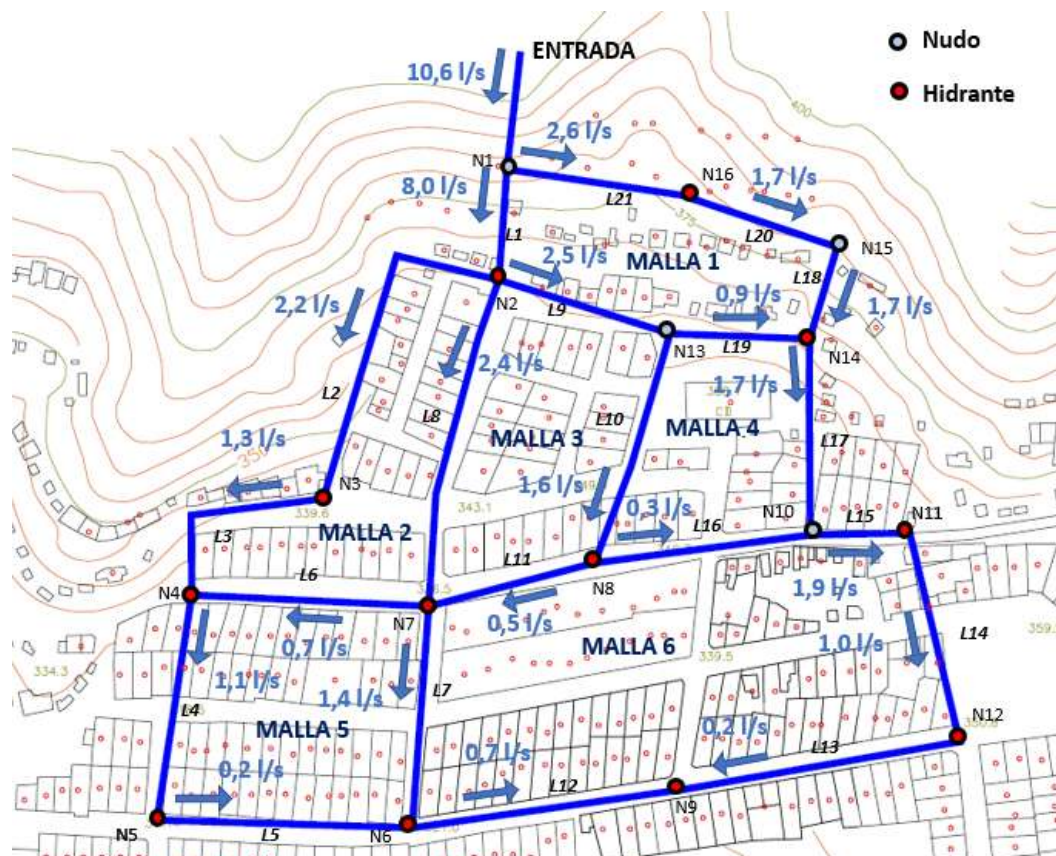
Per al càlcul dels diàmetres de les canonades s'utilitza el mètode iteratiu de Hardy-Cross (veure *Annex I*). En primer lloc, es realitza un equilibri de flux entre els nusos i es calcula el diàmetre interior teòric (D_t). Un cop es disposi del D_t , s'ha de buscar el diàmetre comercial més proper que garanteixi unes velocitats compreses específiques. Per exemple, en cas

d'arribar a una velocitat de 0.5 m/s, es prendrà el diàmetre comercial de menor radi (en aquest cas, 90 mm). D'aquesta manera, es presenten els resultats obtinguts:

ESTIMACIÓ DEL DIÀMETRE NECESSARI						
Node	Q (l/s)	v (m/s)	D _{int} (mm)	D _{int} comer. (mm)	D _{ext} comer. (mm)	Comprob. v
1	10.623	1,00	116.30	130.80	160 (P.N.16 ESP.)	0.79
2	6.551	1,00	91.33	114.60	140 (P.N.16 ESP.)	0.64
3	3.045	1,00	62.27	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.72
4	2.160	1,00	52.44	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.51
5	0.843	1,00	32.76	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.20
6	1.381	1,00	41.93	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.32
7	1.424	1,00	42.57	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.33
8	1.133	1,00	37.98	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.27
9	0.496	1,00	25.12	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.12
10	1.275	1,00	40.29	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.30
11	0.390	1,00	22.27	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.09
12	0.000	1,00	---	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.00
13	2.018	1,00	50.69	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.47
14	1.416	1,00	42.47	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.33
15	2.302	1,00	54.14	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.54
16	2.302	1,00	54.14	73.60	90 (P.N.16 ESP.)	0.54

Un cop obtinguts aquests valors, es realitzarà la iteració dels càlculs detallada al taller guiat. Per a això, tal com s'ha esmentat, s'utilitzarà com a suport un full de càlcul Excel, a causa de la gran quantitat d'operació i iteracions (mínim 5 per malla).

El resultat de les iteracions seria el següent:



Igual que al taller guiat, quedaria determinar les pèrdues de càrrega per garantir que la pressió a cada nus sigui l'adequada, igual que les velocitats de circulació.

Tram	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	Rugos.	Q (l/s)	v (m/s)	H (m)	A _z (m)	P (mca)
1	140	114.6	47.6	150	8.04	0.78	0.24	22	29.76
2	90	73.6	146.3	150	2.22	0.52	0.58	22	29.42
3	90	73.6	81	150	1.33	0.31	0.13	49	56.87
4	90	73.6	94.7	150	1.12	0.26	0.11	47	54.89
5	90	73.6	109.6	150	0.24	0.06	0.01	61	68.99
6	90	73.6	101.9	150	0.68	0.16	0.04	61	68.96
7	90	73.6	95.4	150	1.37	0.32	0.16	61	68.84
8	90	73.6	141.2	150	2.42	0.57	0.66	46	53.34
9	90	73.6	77	150	2.52	0.59	0.39	20	27.61

Tram	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	L (m)	Rugos.	Q (l/s)	v (m/s)	H (m)	A _z (m)	P (mca)
10	90	73.6	103.7	150	1.65	0.39	0.24	42	49.76
11	90	73.6	73.6	150	0.51	0.12	0.02	46	53.98
12	90	73.6	117.8	150	0.72	0.17	0.06	47	54.94
13	90	73.6	120.3	150	0.16	0.04	0.00	32	40.00
14	90	73.6	92.2	150	1.05	0.25	0.09	32	39.91
15	90	73.6	42.8	150	1.93	0.45	0.13	27	34.87
16	90	73.6	93.4	150	0.25	0.06	0.01	42	49.99
17	90	73.6	84.2	150	1.68	0.39	0.20	32	39.80
18	90	73.6	41.2	150	1.69	0.40	0.10	10	17.90
19	90	73.6	60	150	0.87	0.21	0.04	15	22.96
20	90	73.6	70	150	1.69	0.40	0.17	2	9.83
21	90	73.6	75.8	150	2.58	0.61	0.40	5	12.60

1. Un cop realitzat el dimensionament, es sol·licitava analitzar i discutir els resultats tècnics obtinguts.

Uns dels primers aspectes destacables és l'existència de certs trams de canalització (trams 9, 18, 19, 20 i 21, corresponents a la malla 1) en els quals la pressió de l'aigua no es troba entre els valors de comprovació citats anteriorment (entre 30 i 60 mca). Aquests valors de disseny serveixen per assegurar les pressions de la xarxa en el cas d'edificacions de diverses plantes d'altura sense necessitat d'instal·lacions addicionals. La urbanització actual de Collique i el sistema de distribució de fonts admet unes pressions menors, atès que la distribució es realitza a nivell de sòl.

Com s'ha dimensionat la xarxa perquè pugui suportar un futur sistema de gestió domiciliar, s'ha de tenir en compte que, a les parcel·les situades a la part alta del barri, la pressió és inferior a 30 mca. Si les edificacions més altes de la zona tenen més de dos pisos, és probable que es necessitin bombes d'aigua per abastir als pisos superiors. Actualment, les zones més altes de Collique són les que presenten construccions més precàries, disposant únicament de planta baixa (veure *Imatge 2*). Per aquest motiu, les pressions calculades garanteixen el servei d'aigua corrent a aquestes cotes.

Alguns trams de les cotes inferiors presenten pressions superiors als 60 mca. Es recomana que les pressions dins de les canonades siguin inferiors a aquest valor per disposar d'un marge de seguretat dels diferents elements de la xarxa (juntres, canonades, vàlvules). En els trams en què la pressió sobrepassa aquest valor de disseny, s'assoleixen valors entre el 10% i 15% més. Malgrat que els diferents components materials que conformen la xarxa se solen dissenyar per suportar pressions de 100 mca⁸, és important tenir en compte aquestes altes pressions per preveure la possible instal·lació de reguladors al llarg de la xarxa.

Els diferents components mecànics d'una xarxa d'abastament no s'han tractat en aquest cas d'estudi, centrant-se el problema als càlculs de flux i d'equilibri de malles, no als procediments constructius de la pròpia xarxa. Malgrat això, s'han de tenir en compte altres consideracions tècniques complementàries a les exposades (p.e. altres aspectes tractats en l'assignatura).

D'altra banda, es pot afirmar que la xarxa està lluny dels valors màxims de funcionament. Les velocitats de circulació de l'aigua no arriben al valor d'1 m/s, el qual es considera com a valor òptim a l'hora de dimensionar un diàmetre de canonada donat. Per tant, la xarxa resultant podria absorbir un augment de la demanda. Per corroborar aquesta afirmació, es recomana realitzar l'exercici de doblar el cabal d'entrada i reajustar la malla si fos necessari. En el cas que el barri creixés en grandària i població, a part d'un major consum, caldria revisar la pressió d'entrada a la xarxa de distribució plantejada.

Per la seva banda, es pot observar com pràcticament la totalitat de les canonades emprades (excepte el tram 1, per motius d'un major cabal d'entrada) compten amb la mateixa mida comercial (90 mm de diàmetre exterior). Utilitzar el mateix diàmetre de canonada és útil per motius tant de construcció com de manteniment.

2. En relació a l'esquema de gestió que se sol·licita, cal destacar que és una resposta oberta i no hi ha una única solució. Per tant, no es proporciona cap exemple específic al respecte.

D'altra banda, tal com es plantejava a l'enunciat, s'espera que l'alumnat reflexioni des de dos punts de vista diferents. En primer lloc, amb tot el relacionat amb la pròpia gestió del servei (organització entre els residents, relació amb SEDAPAL, control de l'aigua subministrada, etc.). En segon lloc, es pretén que es reflexioni sobre l'activitat professional des d'un punt de vista ètic. En aquest sentit, i partint de la solució proposada, es busca que

⁸ Document Bàsic DB-HS 4 (punt 6.2.3), complementari al codi Tècnic de l'Edificació (RD 314/2006, Espanya).

l'alumnat estableixi vincles amb aspectes mediambientals, socials i econòmics amb el codi ètic que hagin emprat.

3. Poden existir diversos motius pels quals no s'executi un projecte en el qual es proveeixi als habitatges de connexió domiciliar d'aigua. Atès que, de la mateixa manera que en la qüestió anterior, la resposta és oberta, a continuació es detallen algunes possibles línies de reflexió. En primer lloc, un projecte d'aquesta índole porta associat una major complexitat d'execució i un major cost econòmic. En concret, a la xarxa dimensionada, s'han emprat 1,822 m de canonada per distribuir aigua als pilons (veure *Annex VI*). En segon lloc, el clar estalvi econòmic podria ser emprat en construir un sistema similar en algun altre punt de la ciutat on hi hagi una situació similar a la de Collique. L'objectiu seria anteposar el nombre de persones accedint al servei, en comptes de proporcionar un servei òptim a un nombre menor. En tercer lloc, la solució proposada persegueix la participació ciutadana pel que fa a la gestió del servei. En aquest sentit, es facilitaria la pròpia gestió del prestador de servei i s'afavoriria l'increment de la sensibilització en tot el que concerneix a aquest servei. No obstant això, aquesta possible estratègia no estaria exempta de l'aparició de possibles conflictes entre les dues parts.

4. En el cas d'emprar un altre codi ètic de la professió, se sol·licita identificar aquells aspectes principals en què coincideixen i difereixen amb els codis aportats a manera d'exemple (*Annexos III i IV*). En el cas d'emprar els codis facilitats, no serà necessari contestar a aquesta qüestió. L'objectiu principal de la pregunta és que l'alumnat conegui i reflexioni al voltant del codi deontològic de la professió.

5. A continuació es mostren els resultats quantitatius de l'índex multidimensional $\text{Índex}_{\text{DHA}}$ per als casos de proveir la població de Collique a través de fonts públiques (pilons) o connexions domiciliars. Per definir els valors associats a les dimensions del DHA, s'empra el marc conceptual proposat a la *Taula 7* d'aquest document. Els pesos associats a cada dimensió es mantenen constants d'acord a la investigació realitzada a Collique.

PILONS	Qualitat (CAL)	Accessibilitat (ACC)	Disponibilitat (DIS)	Acceptabilitat (ACP)	Assequibilitat (ASQ)
Valor	0.5	0.25	0.75	0.5	0.75
Pes	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5
	0.45	0.26	0.16	0.09	0.04
$\text{Índex}_{\text{DHA}}$	0.52				

CONEX. DOMICIL.	Qualitat (CAL)	Accessibilitat (ACC)	Disponibilitat (DIS)	Acceptabilitat (ACP)	Assequibilitat (ASQ)
Valor	1	0.75	1	0.75	0.75
Pes	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5
	0.45	0.26	0.16	0.09	0.04
Índex_{DHA}	0.89				

En relació als resultats obtinguts, es pot apreciar la clara diferència entre les dues possibles solucions. Tenint en compte que el valor actual és de 0.37 (veure Secció 2.5), aquesta valoració augmentaria un 30% (0.52) construint fonts públiques i un 60% (0.89) en el cas de proveir connexions domiciliars.

6. Encara que aquesta qüestió també és oberta a la opinió de l'alumnat, hi ha alguns aspectes que es vol assenyalar. Com a aspectes positius, l'ús del marc de monitorització comú, com el que es planteja, oferiria una visió més propera a la realitat, alineada amb el reconeixement d'aquest servei com a Dret Humà. Alhora, facilitaria la comparació entre diferents àrees/regions, donant suport de forma objectiva, la prioritització al voltant de què fer i on invertir, visibilitzant aquells sectors de la població més vulnerables. Addicionalment, es fomentaria la transparència per part del prestador de servei. Com a aspectes negatius, i en funció dels resultats que proporcionaria l'ús d'aquest índex, podrien sorgir conflictes amb la població si la valoració fos baixa. D'altra banda, el obtenir i actualitzar la informació pel que fa a les dimensions del DHA, tindria sobretot en els primers anys d'implementació, un cost extra per al prestador. Encara més si es desitgés també incidir en els impactes descrits en l'activitat a l'aula. No obstant això, cal dir que aquest últim aspecte no hauria de ser responsabilitat exclusiva del prestador de servei.

Finalment, es vol afegir l'alineació existent amb la meta 6.1 de l'ODS 6. Encara que existeixen certes diferències amb els indicadors proposats a nivell internacional, els quals no inclouen aspectes de assequibilitat i acceptabilitat, aquest índex multidimensional podria representar un punt de partida per a integrar de manera íntegra les dimensions del DHA. No obstant això, caldria aprofundir en una proposta més general que pugui emprar-se en diferents realitats.

Criteris d'avaluació

Per avaluar aquesta activitat es sol·licitarà el lliurament d'un informe (inclòs l'annex amb els càlculs pertinents) que resolgui totes les qüestions plantejades a l'activitat.

Per a l'avaluació de l'informe, es recomana l'ús de la rúbrica esmentada anteriorment (veure *Annex VII*). Aquest instrument identifica de forma específica quins aspectes de l'activitat fora de l'aula es consideraran i com es puntuaran.

No obstant això, i com s'ha esmentat anteriorment, el docent és lliure de triar un mètode alternatiu d'avaluació si ho creu convenient.

BIBLIOGRAFIA

ANA. Autoridad Nacional del Agua. 2010. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos. Ley N° 29338. Available from: <<http://www.ana.gob.pe/media/533045/reglamento%20lrh%20-%20n%C2%BA%2029338.pdf>> [5 December 2017].

Cairncross, S., and Valdmanis, V. 2006. "Water Supply, Sanitation, and Hygiene Promotion". In: Jamison, D.T., Breman, J.G., Measham, A.R., Alleyne, G., Claeson, M., Evans, D.B., Jha, P., Mills, A., Musgrove, P. (Eds.). Disease Control Priorities in Developing Countries. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington DC.

Carter, R.C., Tyrrel, S.F., and Howsam, P. 1999. "Impact and Sustainability of Community Water Supply and Sanitation Programmes in Developing Countries". Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management 13. 292–296.

Environmental Protection Agency (EPA). EPANET: Model for Water Distribution Piping Systems. Available from: <<https://www.epa.gov/water-research/epanet>>.

Flores-Baquero, O. 2015. "Development of Methods for Monitoring the Water and Sanitation Sector at Different Scales through Human Rights Lenses". Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, Spain. Available at: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/95834>.

Grau Huguet, H. 2017. "Marco conceptual para el monitoreo de servicios de agua potable y saneamiento en entornos metropolitanos desde una perspectiva de derechos humanos. Aplicación a Lima (Perú)". Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, Spain. Available at: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/104263>.

INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú. 2015. Estado de la Población Peruana 2015. Available from: <http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1251/Libro.pdf> [5 December 2017].

Ioris, A. 2016. "Water Scarcity and the Exclusionary City: the Struggle for Water Justice in Lima, Peru". Water International 41, 125-139. doi:10.1080/02508060.2016.1124515.

Jiménez Terán, J.M. 2013. "Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario". Facultad de Ingeniería Civil, Campus Xalapa de la Universidad Veracruzana. Available from: <<https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>>

Joint Monitoring Programme. 2015. "Progresos en Materia de Saneamiento y Agua Potable: Informe de Actualización 2015 y Evaluación del ODM". New York and Geneva.

Joint Monitoring Programme. 2017. "Progresos en Materia de Agua Potable, Saneamiento e Higiene: Informe de Actualización de 2017 y línea de base de los ODS". New York and Geneva.

Municipalidad Metropolitana de Lima. 2016. Plan de Desarrollo Local Concertado de Lima Metropolitana 2016 – 2021.

Available from: <<https://eduardoiberico.files.wordpress.com/2016/08/plan-de-desarrollo-local-concertado-de-lima-metropolitana-2016-2021.pdf>> [6 December 2017].

Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo. "Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB-HS 4". Ministerio de Vivienda de España. Available from: <<https://www.boe.es/boe/dias/2006/03/28/pdfs/C00001-00952.pdf>> [31 Enero 2018]

Shepetukha, Y. and Olson, D.L. 2001. "Comparative Analysis of Multiattribute Techniques Based on Cardinal and Ordinal Inputs". *Mathematical and Computer Modelling* 34. 229–241. doi: 10.1016/S0895-7177(01)00056-5.

SUNASS, Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento. 2015.

Benchmarking Regulatorio de las EPS. Available from:

<http://www.sunass.gob.pe/benchmark/benchmarking_datos_2015_.pdf> [6 December 2017].

United Nations and World Health Organization. 2012. "No One Left Behind: Good Practices to Ensure Equitable Access to Water and Sanitation in the Pan-European Region". New York and Geneva.

United Nations General Assembly. 2010a. "Human Rights and Access to Safe Drinking Water and Sanitation". Resolution A/HRC/RES/15/9.

United Nations General Assembly. 2010b. "The Human Right to Water and Sanitation". Resolution A/RES/64/292.

UN-Water. 2016. "Water and Sanitation Interlinkages across the 2030 Agenda for Sustainable Development". Geneva.

World Health Organization (WHO). 2003. "Domestic Water Quantity, Service Level and Health". Geneva.

ANNEXOS

- I. Paràmetres a tenir en compta per al dimensionament d'una xarxa
< A.I_Parametres_dimensionament_xarxa.pdf >
- II. Esquema de càlculs per a una xarxa mallada < A.II_Calculs_xarxa_mallada.pdf >
- III. Exemple codi ètic enginyeria (en espanyol)
< A.III_Codigo_Deontologico_Ingenieros_Industriales.pdf >
- IV. Exemple codi ètic enginyeria industrial (en anglès)
< A.IV_Codigo_Deontologico_ASCE_english.pdf >
- V. Càlculs activitat a l'aula < A.V_Calculs_activitat_aula.xlsx >
- VI. Dades activitats < A.VI_Calculs_activitat_fora_aula.xlsx >
- VII. Rúbrica d'avaluació < A.VII_Rubrica_avaluacio.pdf >



GDEE

GLOBAL
DIMENSION IN
ENGINEERING
EDUCATION

<http://www.gdee.eu>



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

UAB

Universitat Autònoma
de Barcelona

Aquest projecte està finançat per:



**Ajuntament
de Barcelona**