

Abastecimiento de agua por gravedad para poblaciones rurales dispersas

**Experiencias con nuevas tecnologías,
El caso de Poccontoy y Orconmarca**

El Programa de Agua y Saneamiento es una alianza internacional para ayudar a la población más pobre a obtener acceso permanente a servicios mejorados de agua y saneamiento. Con su participación en actividades en más de 28 países, el Programa apoya los esfuerzos nacionales y locales para ayudar a comunidades de bajos recursos a obtener acceso sostenible a servicios mejorados de agua y saneamiento. Las actividades del Programa en la Región Andina son apoyadas por la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional y la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.

Esta es una edición del Programa de Agua y Saneamiento que ha sido posible gracias al apoyo y esfuerzo de las siguientes personas e instituciones:

Autor: Nicolas Marinof, Coordinador del Area de Agua y Saneamiento de ProAnde

ProAnde Centro para la Promoción y el Desarrollo Andino

Teléfono: +51 (0)84 724386, Andahuaylas. E-mail: proandetalasan@terra.com.pe

ProAnde es una ONG con sede en Andahuaylas, Departamento de Apurímac, que, entre otras actividades, implementa proyectos de saneamiento básico. ProAnde aplica un enfoque participativo donde el rol protagónico lo asumen las comunidades. Se ha especializado en el desarrollo de metodologías y tecnologías apropiadas para el área rural andina.

UNICEF © Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia

Teléfono: +51 (0)1 2411615, Lima. E-mail: postmaster@unicef.org.pe

COSUDE Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación

Teléfono: +51 (0)1 441 5570, Lima. E-mail: lima@sdsc.net

CHRISTIAN AID Agencia de Cooperación de 40 iglesias protestantes del Reino Unido & Irlanda

Teléfono: +44 (0)20 7620 4444, London. E-mail: info@christian-aid.org

VOLENS Voluntariado y Cooperación Internacional

Teléfono: +32 (0)2 201 02 70, Bruxelles. E-mail: volens@pi.be

Si tiene algún comentario o requiere ejemplares de este documento por favor comuníquese con nosotros:

Programa de Agua y Saneamiento, Región Andina

Carmen Arévalo: Directora Regional del PAS

Rafael Vera: Coordinador de país

Oscar Castillo: Especialista en Desarrollo Comunitario e Institucional

Programa de Agua y Saneamiento

Banco Mundial

Alvarez Calderón 185, piso 9, San Isidro, Lima

Teléfono: 215-0685

E-mail: ocastillo@worldbank.org

Lima - Perú, noviembre del 2001

Agradecimientos

Esta publicación se pudo realizar gracias al apoyo de diversas instituciones a quienes queremos agradecer: UNICEF y la ONG británica Christian Aid quienes financiaron la sistematización de esta experiencia y la elaboración del documento, la ONG belga VOLENS que viene apoyando el componente de agua y saneamiento de ProAnde con un cooperante desde 1995. La Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) que financió la edición del documento y el Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial que apoyó la edición del documento.

El autor agradece a Ricardo Rojas y Luis Valencia del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia del Ambiente (CEPIS), Nicolas Randin de la COSUDE y Oscar Castillo del Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial por haber revisado el documento aportando con sus comentarios y sugerencias.

A Maria Amalia Pesantes y María del Carmen Tejada por el diseño de las entrevistas, grupos focales y cuestionarios por la sistematización de esta información y por su valiosa colaboración a lo largo de toda la elaboración del documento.

A Gaëtan Jamar por su generosa contribución a todo el documento en

particular en la elaboración de los mapas, diagramas y dibujos. A Maritza Alfaro, Epifanio Carrión, Edilberto Juro, Alfredo Mendoza, Vladimir Paiva y Juana Peceros, por todas las veces que tuvieron que ir a las comunidades en busca de testimonios y entrevistas, así como por la transcripción y traducción del Quechua al Castellano.

A Victor Huamán y Antonio Ibáñez, por los dibujos y mapas. A Lourdes Mindreau por las informaciones sobre normas de agua. A Ivan Acuña por su apoyo en informática. A Francisco Soto por sus comentarios y sugerencias.

Gracias igualmente a todas las personas que tuvieron la gentileza de dedicarnos su tiempo narrando el desarrollo del proyecto y la historia de las comunidades, en particular a todos los comuneros y comuneras de Tacana, Poccontoy, Rudiupampa, Orcconmarca y Chacchani, a sus autoridades: Paulino Ccepaya, Teófilo Granados, Rosalío Ccepaya, Armando Vargas, Rubén Vargas, Mario Alcarraz, Emilio Loayza, que facilitaron sus libros de actas; a Juan Andía, Félix Barbarán, Carolina Samanez, Nilo Taipe. A Dulio Salazar, Alcalde de la Municipalidad Distrital de Talavera quien facilitó el acceso a los archivos municipales.

Contenido

ACRÓNIMOS	6
RESUMEN EJECUTIVO	7
1. INTRODUCCIÓN	9
2. EL LARGO CAMINO HACIA EL AGUA POTABLE	11
2.1 Introducción	11
2.2 El abastecimiento de agua tradicional	14
2.3 El camino recorrido	17
2.4 Los conflictos	18
2.5 Resolución de los conflictos	19
3. EL PROYECTO COMO REPUESTA A UNA REALIDAD COMPLEJA	20
3.1 Dificultades	20
3.2 Criterios de diseño	21
3.3 Diseño del sistema	21
3.4 Operación y mantenimiento	22
3.5 Calidad del agua de consumo	25
3.6 Costos	27
4. LA PARTICIPACIÓN COMUNAL PARA UN PROYECTO SOSTENIBLE	28
4.1 Ejecución del proyecto	28
4.2 Administración, operación y mantenimiento	29
5. CONCLUSIONES	33

6. LECCIONES APRENDIDAS 35

APÉNDICES TÉCNICOS

APÉNDICE A

TECNOLOGÍAS APROPIADAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA
POR GRAVEDAD DE POBLACIONES RURALES DISPERSAS

36

1. Dotaciones y caudales de diseño 36
2. Flujo libre en las líneas de conducción 38
3. Multiplicación de pequeños tanques en el sistema 43
4. Replicabilidad 53

APÉNDICE B

PROTECCIÓN DE MANANTIAL

54

APÉNDICE C

ESQUEMA HIDRÁULICO DEL SISTEMA

55

APÉNDICE D

PLANOS

56

LISTA DE PERSONAS ENTREVISTADAS

59

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

60

Acrónimos

Término	Descripción
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
FONCODES	Fondo Nacional de Compensación para el Desarrollo Social
JASS	Junta Administradora de Servicios de Saneamiento
MINSA	Ministero de Salud
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organización No Gubernamental
OPS	Organización Panamericana de la Salud
O&M	Operación y Mantenimiento
PRONAMACHCS	Programa Nacional para el Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos
PHAST	Participatory Higiene And Sanitation Transformation - Transformación Participativa para la Higiene y el Saneamiento
SARAR	Siglas en inglés de cinco cualidades promovidas a través de esta metodología: Autoestima, Fuerzas asociadas, Ingenio, Planificación y Responsabilidad.
UCF	Unidades de Coliformes Fecales
UCT	Unidades de Coliformes Totales

Resumen Ejecutivo

Este documento presenta nuevas experiencias desarrolladas por ProAnde entre 1997 y 2001 en la provincia de Andahuaylas, en los andes del Perú, para contribuir a resolver la problemática del abastecimiento de agua de las zonas rurales dispersas. La parte central del documento consiste en un estudio que describe y analiza el proceso mediante el cual 5 pequeñas poblaciones rurales dispersas en una vertiente de fuerte pendiente lograron dotarse de un servicio auto sostenible de abastecimiento de agua por gravedad. Comprende 3 capítulos y un apéndice técnico.

En el primer capítulo se analiza la problemática del agua en las comunidades, qué soluciones desarrollaron los comuneros para abastecerse de agua, cuáles eran los

inconvenientes del sistema tradicional que justificaron que las comunidades iniciaran gestiones para un sistema de agua potable. Debido a las características hidrológicas locales, no hay otra opción factible que construir un solo sistema para las 5 poblaciones captando 7 manantiales de la parte alta. La dificultad consistió en superar la rivalidad por el agua entre pobladores de las partes bajas y altas.

El segundo capítulo describe los aspectos técnicos del proyecto, explicando cómo las tecnologías empleadas fueron producto del entorno físico y social. El problema de la dispersión de las viviendas a diferentes alturas, se solucionó construyendo 10 tanques de ferrocemento de pequeña capacidad y líneas de conducción de flujo libre. Las rivalidades por el agua entre las

partes altas y bajas se resolvieron mediante un sistema equitativo de repartición del agua. El suministro de agua segura se obtiene cuidando que la comunidad mantenga en buen estado las obras de protección del sistema - en particular de los manantiales -, para lo cual, la educación sanitaria de los usuarios y una buena organización para la Operación y Mantenimiento(O&M), son indispensables.

El tercer capítulo describe cómo fue la participación comunal durante y después del proyecto. Luego de varios intentos, las comunidades optaron por asumir la Administración y O&M del sistema mediante una Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS), cuyo consejo directivo está conformado por miembros de las 5 poblaciones y respaldado por 5 comités locales. Los costos de Administración y O&M son bajos y asumidos por las comunidades, dándole sostenibilidad al proyecto.

El apéndice técnico describe más en detalle las tecnologías desarrolladas, explicando sus características y ventajas en comparación

con tecnologías convencionales:

- Disminución de los costos de inversión y O&M debido a la reducción de los tamaños de tubos y accesorios, al empleo del ferrocemento y a la reducción o eliminación de las cámaras rompe presión.
- Mejor nivel de servicio que permite abastecer de manera constante y con agua segura, a pequeños grupos de casas dispersas e incluso aisladas.

Asimismo se describe el campo de aplicación de estas tecnologías.

Las tecnologías y el enfoque presentados han sido validados por ProAnde en proyectos de abastecimiento de agua para 22 centros poblados del ámbito rural de Andahuaylas beneficiando a 4.195 habitantes con una inversión total de US\$ 32,2 por habitante, que es comparativamente mejor que los costos de inversión de los proyectos de abastecimiento de agua por gravedad en el Perú que varían de US\$ 40,9 a US\$ 62,6 por habitante según el ente ejecutor.

1. Introducción

En el Perú existen 64.935 centros poblados de menos de 200 habitantes que suman una población de 2.668.520 habitantes¹. Poco se sabe de la tasa de cobertura en agua de esos pueblos salvo que es dramáticamente baja. En Apurímac la mayoría de esos pueblos pequeños no tienen acceso vial, luz eléctrica o posta de salud, son marginados entre los marginados. Muchas veces son excluidos de los programas de lucha contra la extrema pobreza debido a su dispersión, su bajo número de habitantes, sus pocos recursos y mala accesibilidad, que hacen que los proyectos elaborados con tecnologías convencionales resulten anti-económicos.

A pesar de este marco crítico, estas comunidades demuestran empeño en

mejorar su situación, existiendo una fuerte demanda por el servicio de agua potable. Una de las pocas opciones al alcance de estas comunidades consiste en que se "urbanicen" es decir que "reubiquen" sus viviendas para formar un núcleo poblacional que les permita adecuarse a las ofertas tecnológicas de las instituciones y conseguir servicios como luz eléctrica o agua.

El problema es que si bien muchos comuneros construyen una casa en la nueva "urbanización", casi nadie - especialmente en la puna - abandona su vivienda ancestral donde dispone del espacio suficiente para el pastoreo y crianza de animales. Esto hace que sólo un pequeño número de pobladores elija al núcleo urbanizado como domicilio

¹ INEI: Censo Nacional 1993, citado en Programa de Agua y Saneamiento PNUD – Banco Mundial. Perú: *Lineamientos para un Programa Nacional de Agua y Saneamiento Rural*. Lima, 1998.

principal lo que disminuye la efectividad y sostenibilidad de estos proyectos.

Este enfoque basado en la oferta institucional contrasta con el enfoque basado en la demanda comunal. Aquí 2 actitudes son posibles. En la primera la institución busca satisfacer la demanda comunal a partir de su propia percepción de los problemas comunales. En la segunda -mucho más enriquecedora- la institución y la comunidad desarrollan conjuntamente soluciones para los problemas vividos por las comunidades a través de un proceso interactivo donde cada parte va conociendo mejor la cultura del otro y las soluciones -tecnológicas o no-, nacen como producto de esta dinámica.

Si en este documento los comuneros hablan, comparten su historia, sus opiniones, sus

temores y esperanzas, es para recordarnos que una tecnología apropiada se desarrolla ante todo, con los usuarios y en función a ellos.

Para eso los ingenieros deben ser sensibles y abiertos a la problemática social de las comunidades, y ser creativos para desarrollar soluciones tecnológicas apropiadas a las particularidades sociales, culturales y al entorno físico de las comunidades.

ProAnde está trabajando con este enfoque en beneficio de pequeñas poblaciones rurales de la provincia de Andahuaylas desde 1997. Es parte de esta experiencia la que queremos compartir a través de este documento esperando que sea tomada en cuenta y replicada por otras instituciones del sector.

2. El largo camino hacia el agua potable

2.1 Introducción

La zona del estudio se encuentra a 10 km al noroeste de la ciudad de Andahuaylas. Comprende los centros poblados de Tacana (58 habitantes), Poccontoy (163 habitantes), Orconmarca (86 habitantes), Rudiupampa (105 habitantes) y Chacchani (56 habitantes) sumando una población de 468 habitantes (93 familias). Todos son pequeños agricultores en estado de extrema pobreza que practican ganadería extensiva en pequeña escala.

Antes de la Reforma Agraria de 1969, toda el área era parte de la hacienda Bellavista, propiedad de la familia Altamirano. Ella se extendía a lo largo de la margen derecha del Río Chumbao, desde Huarataca al norte hasta el lindero de Uchuhuancaray al sur (ver Fig.1). La hacienda tenía una extensión

de aproximadamente 3000 hectáreas, produciendo principalmente caña de azúcar, trigo y maíz.

La parte sur de la hacienda -zona del proyecto- estaba despoblada, sirviendo de pastizales y alfalfares para la hacienda. Es sólo a partir de las reformas agrarias de 1964 (primer gobierno de Fernando Belaúnde Terry) y 1969 (presidencia del General Velasco) que los ex-trabajadores de la hacienda adquieren estas tierras estableciéndose allí en comunidades.

Tacana se constituyó como anexo de la comunidad de Bellavista. Los otros 4 centros poblados formaban una sola comunidad cuya escuela estaba en Poccontoy y a la cual asistían también los niños de Tacana. Debido a la extensión del área se construyó otra escuela en Orconmarca y cuando en

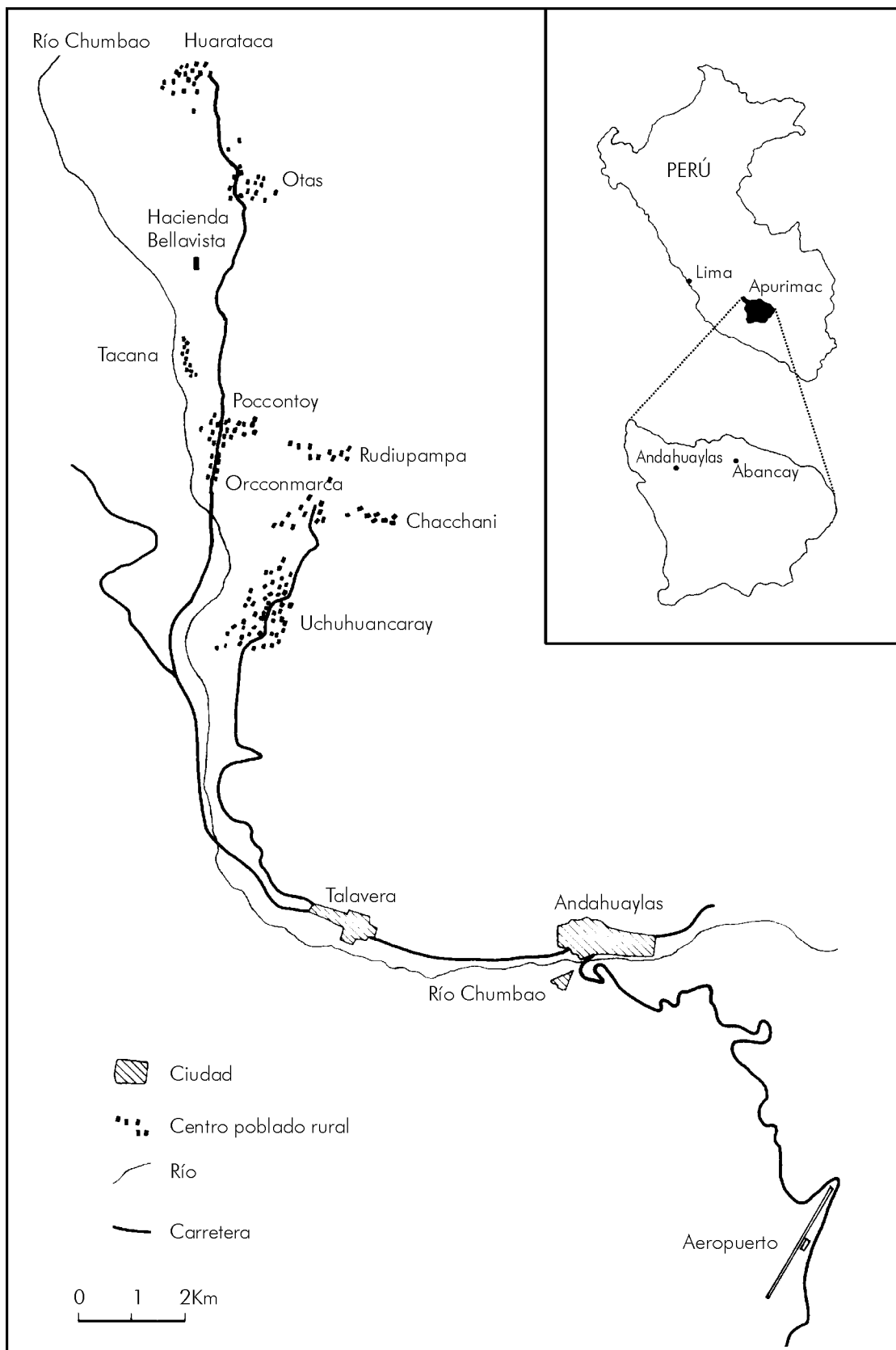


Fig.1 - Ubicación general del área del proyecto

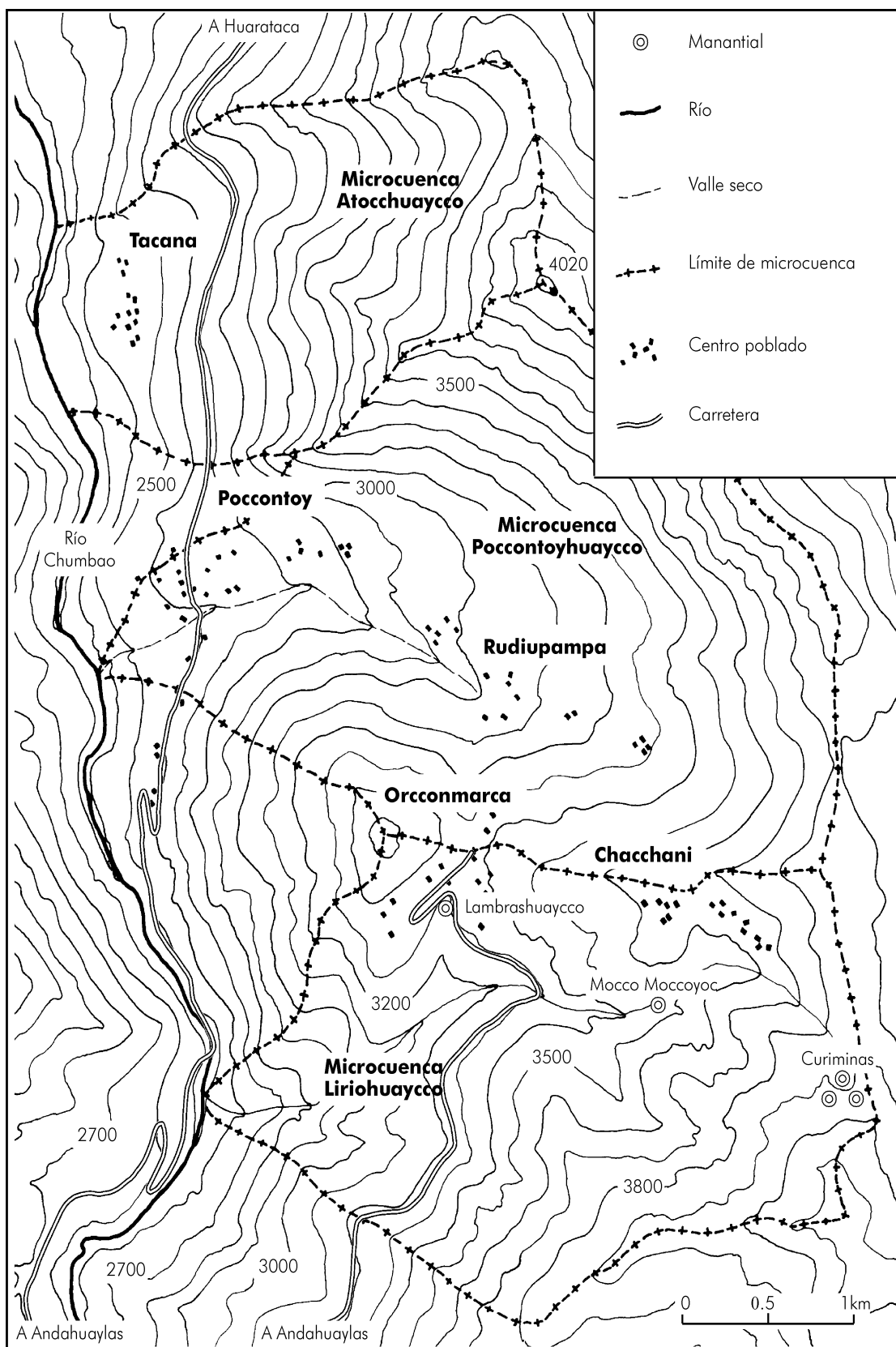


Fig.2 - Hidrología del área del proyecto

1988 se hacen dos carreteras desde Andahuaylas -una hasta Orconmarca la otra pasando por Poccontoy- los pobladores de la parte alta (Orconmarca, Rudiupampa y Chacchani) deciden separarse de los de la parte baja (Poccontoy y Tacana).

2.2 El abastecimiento de agua tradicional

El agua siempre ha sido un factor limitante para el poblamiento de la zona. En el período enero-marzo caen aproximadamente el 55% de las precipitaciones anuales mientras que en el resto del año el déficit de agua es muy pronunciado. Las precipitaciones anuales varían de 500mm a 800mm según la altura. Existen notables diferencias entre la hidrología de la parte alta y baja del área de estudio lo que se refleja en los sistemas de abastecimiento de agua tradicional de las comunidades.

En la parte alta de la microcuenca de Lirio Huaycco (ver Fig.2) existen pequeños manantiales que han sido utilizados tradicionalmente para el abastecimiento doméstico y de los animales. Los pobladores de Chacchani se abastecían de los manantiales de Curiminas, mientras que los de Orconmarca lo hacían de Mocco Moccoyoc. El sistema tradicional de manejo del agua de Chacchani, típico de toda la parte alta, está explicado en la Fig.3. Este sistema era complicado de operar e ineficiente. En la temporada seca, apenas se podía llenar las pozas para consumo doméstico y muchas familias tenían que llevar a sus animales a tomar agua directamente en los manantiales cerca a la cumbre. A esos inconvenientes se sumaban la mala calidad del agua y las peleas por los turnos para llenar los pozos, que el alguacil tenía que organizar.

"El posito siempre estaba sucio, y cuando llovía se llenaba el pozo de agua turbia. Tomábamos sucio. A veces por la acequia entraba agua turbia y excrementos, las gallinas también tomaban del pozo. El chancho también a veces se metía al pozo."

Grupo Focal de Comuneras en Orconmarca

"Había mucho problema, por los turnos. Cuando queríamos que se llenen nuestras positas para el resto no había. Si no tenías turno no eras merecedor de agua. No teníamos agua ni para las cebollas."

Cipriana Buleje - Comunera de Orconmarca

"Peleábamos con Don Emilio Quispe y sus hijos, quienes se llevaban el agua fuera de su turno. Entonces en la hora del canto del gallo teníamos que estar arriba cuidando el agua en la toma. Ni a su tío respetaba, nos ha pegado a los dos."

Tomasa Buleje - Comunera de Chacchani

En la microcuenca de Poccontoy Huayco, ubicada al norte, los poblados de Rudiupampa, Poccontoy y Tacana se asientan en un hondo valle kárstico² con formas geomorfológicas típicas³ que dan testimonio de una activa circulación de aguas subterráneas siendo notable la ausencia de riachuelos y manantiales en la superficie, salvo el de Pochccota que sólo era utilizado para riego por la dureza de sus aguas.

Rudiupampa se encuentra en la parte alta de esta microcuenca. El sistema de abastecimiento tradicional era similar al de Chacchani y Orconmarca y las familias utilizaban las aguas del canal de

² Relieve particular de los terrenos calcáreos que se debe a la disolución de las rocas por las aguas de lluvias. Las cuevas y ríos subterráneos son frecuentes en este tipo de relieve.

³ Como dolinas: depresión circular que se debe al derrumbe de una cueva subterránea cerca de la superficie.

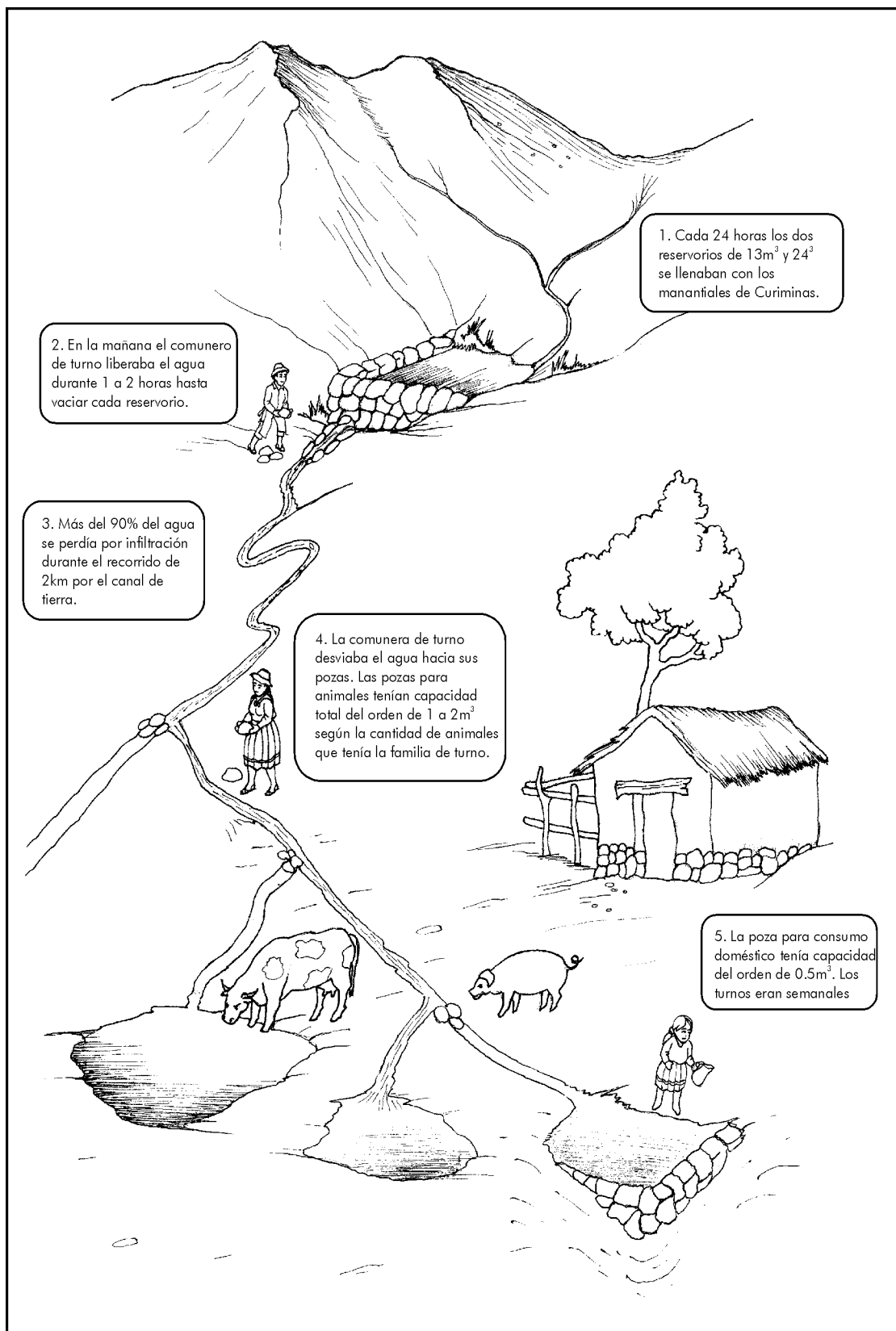


Fig.3 - Sistema de abastecimiento de agua tradicional del centro poblado de Chacchani

Orconmarca para llenar sus pozas. En la temporada seca no llegaban las aguas del canal y los pobladores tenían que caminar media hora hasta el manantial de Lambrashuaycco en Orconmarca.

"Tomábamos de positas, a veces las vacas también tomaban de esas mismas. Tomábamos sucio, a veces íbamos a quebradas lejanas en octubre y noviembre con porongos."
Grupo Focal de Comuneras de Rudiupampa

En la parte baja de la microcuenca, el sistema tradicional de abastecimiento de agua era por el antiguo canal de la hacienda Bellavista de 20 km de longitud y 120 l/s de caudal que capta las aguas del Río Chumbao y abastece además de Poccontoy y Tacana a las comunidades de Bellavista y Huarataca ubicadas en otra microcuenca más al norte. Si bien el agua era abundante y servía también para riego el problema era la contaminación por las aguas negras de Andahuaylas⁴ y las interrupciones por los derrumbes.

"Agua de consumo era la de la acequia, era abundante pero era completamente sucia, el agua viene del desagüe de San Jerónimo, Andahuaylas y Talavera. Cuando yo era muchacho era limpio el agua del Chumbao, inclusive debajo del puente de Talavera nos bañábamos, ni había desagüe hacia el río, había sapos. Ahora no hay ni sapos."
Teófilo Gutiérrez 72 años - Autoridad de Tacana

"Los chicos orinaban gusanos como tallarines, se llama 'lilwqa', también orinaban gusanitos pequeñitos inquietos, gusanitos pequeñitos con cabecitas negritas. Eso nomás había."



Niña recogiendo agua de una poza familiar en Rudiupampa

Eso habrá sido el cólera"
Grupo Focal de Comuneras de Orconmarca

"A veces había problemas con los derrumbes y si era así teníamos que cargar con caballo agua desde el mismo río Chumbao, poniendo dos galones en malla y lavábamos ropa en el mismo río"
Maximiliana Romero - Comunera de Tacana

Por esta situación, para abastecerse de agua potable las comunidades de la parte baja - Poccontoy y Tacana - no tenían otra alternativa que obtener el derecho de uso de los manantiales de la parte alta -

⁴ Análisis microbiológicos de agua realizados el 5 de mayo del 2000 por el Ministerio de Salud (MINSA) dan valores de coliformes fecales superiores a 200 UCF/100 ml para el canal de Bellavista y de 50 UCF/100 ml para el canal de Orconmarca.

Curiminas o Mocco Moccoyocc- lo que originaba conflictos y enfrentamientos con sus vecinos. A pesar de todos sus inconvenientes el sistema tradicional de la parte alta era sostenible por ser el resultado de un largo proceso de ensayo-error de adaptación al clima, a los suelos, la topografía, al modo de vida y sistema social de las comunidades, y por lo tanto, no lo abandonarían sin tener la seguridad de mejorar su sistema de abastecimiento de agua.

Es así que la principal dificultad del proyecto consistió en convencer a las comunidades de la parte alta, a que renuncien a su sistema tradicional puesto que con un nuevo sistema de conducción, almacenamiento y distribución eficiente sus aguas podían abastecer a todas las comunidades de las partes altas y bajas algo difícil de creer debido a la escasez de agua que siempre los afectó.

2.3 El camino recorrido

Las poblaciones solicitaron la instalación del agua potable al Ministerio de Agricultura (1984); la Fundación Antoon Spinoy (1985); el Fondo Nacional de Compensación para el Desarrollo Social, FONCODES (1993), el cual promovió la formación de un núcleo ejecutor; el Programa Nacional para el Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos, PRONAMACHCS (1996); la Municipalidad de Talavera (1997) y finalmente ProAnde (1998). Ninguna solicitud se concretó antes de la de ProAnde.

Los pobladores eran concientes de las dificultades que debían superarse. Ante la pregunta, ¿Pensaban que en algún momento tendrían agua potable? respondieron:

"Si, pero como eran 12 km se desmoralizaban las instituciones."

Máximo Vargas - Comunero de Poccontoy

"No porque cerca no había ojo de manante."

Grupo focal de Comuneras en Poccontoy

"No, porque éramos pocas personas."

Grupo focal de Comuneras en Orcconmarca

"Yo no creía que íbamos a tener agua. Cuando ProAnde dijo que habrá agua, dije "ojalá"."

Grupo focal de Comuneras en Orcconmarca

Poccontoy y Tacana fueron las comunidades que más empeño pusieron en gestionar el agua potable. En 1991, por 90 nuevos soles como pago único, obtuvieron de la comunidad de Uchuhuancaray el derecho de usar 2 de los 9 manantiales de Curiminas para su futuro sistema de agua potable: Tres Muritos y Curiminasyocc. Los manantiales eran utilizados por Chacchani pero ubicados en el territorio de Uchuhuancaray.

A fines de 1997, ProAnde inició el proyecto de "Mejoramiento de riego, producción agrícola y saneamiento básico en la cuenca del Río Chumbao Bajo" donde el componente de infraestructura de saneamiento básico era accesorio, para incentivar la participación comunal en las labores agrícolas. Poccontoy y Tacana eran 2 de las 8 comunidades beneficiadas, todas ubicadas en la parte baja de la cuenca del río Chumbao cuyo clima favorece la producción de tuna-cochinilla.

Anteriormente, en octubre de 1996 PRONAMACHCS había elaborado una propuesta para abastecer con agua potable a Poccontoy, Orcconmarca y la parte baja de Rudiupampa, como una recompensa a la participación comunal en labores de conservación de suelos y en la construcción de un reservorio para riego en Mocco

Moccoyoc. Tacana fue marginado de este proyecto porque sus comuneros no quisieron trabajar en la construcción del reservorio de riego que sólo beneficiaría a la parte alta.

Como la propuesta de PRONAMACHCS no incluía a Tacana, y Orconmarca se negaba a que el manantial de Mocco Moccoyoc fuera captado para el proyecto de abastecimiento de agua promovido por ProAnde; las comunidades de Poccontoy y Tacana propusieron captar el agua de los manantes de Curiminas, solicitando a ProAnde que elabore una propuesta para 4 de los 5 centros poblados, sin incluir a Orconmarca que deseaba construir su sistema de agua potable con PRONAMACHCS.

Esta situación agudizó las rivalidades entre la parte alta y baja.

2.4 Los conflictos

En Agosto de 1998 Uchuhuancaray ratificó mediante acta la donación de los manantes de la zona de Curiminas a las comunidades de Poccontoy, Tacana, Rudiupampa y Chacchani. Las autoridades de Orconmarca protestaron ante las de Uchuhuancaray por esta donación.

Luego de lograr un acuerdo con Rudiupampa y Chacchani, ProAnde y la Municipalidad de Talavera firmaron el 8 de septiembre de 1998 un convenio con las autoridades de los 4 anexos para la ejecución del proyecto.

Poco después comuneros de Orconmarca y Chacchani manifestaron enérgicamente su desacuerdo con el proyecto de agua potable en la oficina de ProAnde, en Andahuaylas.

El temor de Orconmarca radicaba en que la construcción del sistema de

abastecimiento de agua con ProAnde, podría provocar el abandono del proyecto de agua potable de PRONAMACHCS, por no beneficiar a suficientes familias.

Por su parte un grupo de pobladores de Chacchani -influidos por las autoridades de Orconmarca- se negaban a compartir los manantiales de Curiminas, temiendo que ocurra lo que sucede con frecuencia en muchos sistemas mal diseñados, donde la parte baja dispone de agua pero no hay presión en la parte alta. Tampoco creían que el agua alcanzaría para 5 poblaciones, cuando ni siquiera los abastecía a ellos.

El hecho que el proyecto agrícola de ProAnde excluía a Orconmarca y Chacchani, contribuyó al rechazo, ya que el promotor de ProAnde no trabajaba en estas comunidades, y muchos comuneros de la parte alta pensaban que ProAnde actuaba según los intereses de Poccontoy y Tacana. El conflicto llegó a su clímax cuando comuneros de Poccontoy iniciaron labores de excavación en Curiminas sin coordinación previa con ProAnde o Chacchani.

"Toditos peleamos con todos y cocinamos carne allá en el ojo del manante, ese día pues fue la pelea. Nos tiraban con piedras desde las cumbres, allá en el ojo del manante. No nos quiso dar agua del ojo del manante."

Comuneras de Tacana

"La duda consistía en que nosotros, si le permitíamos los manantiales de Chacchani, nos iban a quitar el agua o apropiárselo. (...) Hasta de noche no dormía y soltaba yo piedras sobre las zanjas hechas [por comuneros de Poccontoy]."

Tomasa Buleje - Comunera de Chacchani

Las autoridades de Orconmarca

interpusieron un recurso ante el Ministerio de Agricultura indicando que Poccontoy no tenía permiso del distrito de riego para captar aguas que abastecían a Chacchani. Las labores en Curiminas fueron interrumpidas.

2.5 Resolución de los conflictos

Finalmente el Ministerio de Agricultura autorizó el uso de los manantiales de Curiminas para el proyecto de ProAnde, argumentando que éste beneficiaría también a Chacchani y Orconmarca. Luego vino la noticia que los fondos para el proyecto de agua potable de PRONAMACHCS, habían sido desviados a obras de emergencia por el fenómeno de El Niño. Estos acontecimientos provocaron en las autoridades de Orconmarca el temor de perder una oportunidad única de lograr su abastecimiento de agua, lo que los motivó a buscar un compromiso con ProAnde. Una vez convencidas las autoridades, les fue fácil cambiar la actitud de sus comuneros.

También hubo cierta solidaridad con la parte baja que motivó esta decisión.

"Los de Poccontoy tienen bastante agua de acequia, mientras que nosotros ni siquiera teníamos agua para regar cebollas y si se los llevan el agua tal vez no alcanzará decíamos. Pero al final dijimos que están tomando agua cochina y tienen derecho al agua. "

Valeriana Ccepaya - Comunera de Orconmarca

El acuerdo formal se logró en una asamblea comunal en Chacchani en octubre de 1998,

en presencia del Alcalde de Talavera, de ProAnde y de los anexos. Chacchani y Orconmarca aceptaron la propuesta de ProAnde y se comprometieron a colaborar exigiendo a cambio la construcción de un sistema para Orconmarca, 2 tanques y 5 piletas públicas en Chacchani y -como compensación por la pérdida de la fuente de abastecimiento de Chacchani- la construcción de 2 bebederos en Chacchani y captar sólo 7 de sus 9 manantes conservando 2 manantiales libres para el ganado en la puna.

Las demás poblaciones conservarían el uso de sus fuentes de agua tradicionales para el ganado.

El conflicto se reactivó en marzo de 1999 cuando, concluidas las obras en Poccontoy y Tacana, Poccontoy se opuso a la construcción del tramo para dotar de agua a Orconmarca, argumentando que ellos no colaboraron en la construcción del sistema y que no había suficiente agua. Indicaron que Orconmarca tenía que hacer su sistema captando las aguas de Mocco Moccoyoc.

En abril de 1999 hubo una asamblea en Orconmarca donde participaron los 5 poblados, las autoridades de Uchuancaray, el alcalde de Talavera y ProAnde. Orconmarca logró su integración al sistema de agua potable por el compromiso de Octubre de 1998, y más que todo por su amenaza de interrumpir el abastecimiento del canal de Mocco Moccoyoc, afectando al ganado de Rudiupampa y de la parte alta de Poccontoy. Esto hubiera provocado, -así se esforzó en demostrarlo ProAnde en la asamblea-, un aumento del consumo de agua del sistema más elevado, que el volumen de agua que Orconmarca requería.

3. El proyecto como respuesta a una realidad compleja

3.1 Dificultades

Una vez solucionados los problemas sociales había que encontrar una propuesta técnica para abastecer con agua a las 5 poblaciones con los 7 manantiales de la zona Curiminas, cuyo caudal baja hasta 0,25 l/s durante el periodo de estiaje de octubre-diciembre. La mayoría de las casas están dispersas en laderas a veces empinadas; el desnivel entre las partes pobladas altas y bajas, alcanza los 1300 m.

En este entorno era obvio que una propuesta convencional no sería factible. El diseño

propuesto en 1997 por el Municipio de Talavera a FONCODES sólo beneficiaba a Poccontoy y Tacana, incluía un tanque de 10 m³ en Poccontoy y 29 cámaras rompe presión (Tabla 1). Los diámetros más frecuentes para la red principal eran de 1" y 1.½". El costo de tal propuesta era muy alto, lo que motivó el rechazo de FONCODES. Además, con tantas cámaras rompe presión, la O&M hubiera resultado insostenible.

La única alternativa viable era construir un tanque para cada grupo de casas cuidando que haya un sistema de repartición de agua

Tabla 1 - Comparación entre la propuesta convencional de la Municipalidad de Talavera y la de ProAnde

	Municipalidad de Talavera (1997)	ProAnde (1998)
Número de centros poblados atendidos	2	5
Número de reservorios	1	10
Capacidad total de los reservorios (m ³)	10	17
Número de cámaras rompe presión	29	5
Número de habitantes beneficiados	221	468
Costo Total (US\$)	45.546	18.227
Costo por habitante (US\$)	206	39

eficiente y fácil de operar. Esta solución era una condición impuesta por los comuneros de la parte alta para compartir su agua con la parte baja.

3.2 Criterios de diseño

Los criterios utilizados resultaron del proceso de planificación participativa y son fundamentales para la sostenibilidad del sistema de abastecimiento de agua de Poccontoy Orconmarca.

1. Todos los habitantes de los 5 centros poblados tendrían un acceso equitativo y constante a agua segura para el consumo humano.
2. Para facilitar la Administración y O&M por los mismos beneficiarios, el sistema debería ser lo más simple y robusto posible; particularmente el sistema de repartición del agua, no debería ser vulnerable a desregulaciones que pudieran afectar a uno u otro centro poblado.

3.3 Diseño del sistema

La distribución del agua sería mediante piletas públicas con una dotación de 30 l/hab/día. Esta decisión como la cantidad y ubicación de las piletas se tomó con los beneficiarios, considerando la alta dispersión de las casas y la limitada cantidad de agua disponible. También se tomó en consideración el hecho que la mayor parte de la zona dispone de acequias para el ganado y el riego de las huertas.

La vida útil del sistema es de 20 años, por lo tanto se calcularon los parámetros de diseño

para la población futura (594 habitantes considerando una tasa de crecimiento anual de 1,2% para Apurímac).⁵ El caudal máximo diario se eleva a 0,27 l/s. Sin embargo se diseñó el sistema para un caudal de 0,30 l/s considerando un adicional de 3 m³/día para el consumo de los 2 bebederos de Chacchani (dotación de 30 l/vaca/día para 100 vacas). El caudal actualmente captado es de 0,25 l/s quedando la opción de captar un manantial más en Curiminas para alcanzar un caudal total de 0,30 l/s. Los caudales de diseño de cada red de distribución fueron determinados de la manera siguiente: (a) se asigna un caudal de 0,20 l/s a la pileta pública más alejada del tanque y (b) caudales de 0,10 l/s a las demás piletas. Debido al reducido número de usuarios, la aplicación de la norma del consumo máximo horario no hubiera resultado satisfactorio.⁶

Se evita que la presión de agua en las tuberías exceda los 50m en condiciones dinámicas o estáticas. Esto permite alargar el tiempo de vida de las válvulas de flotador y minimizar las fugas, disminuyendo los costos de mantenimiento.

Una vez determinados estos parámetros, el sistema fue diseñado aplicando principios básicos de la hidráulica⁷ sobre conductos a presión y de flujo libre: ecuación de Bernoulli y ecuación de continuidad. Para el cálculo de las pérdidas de carga se utilizó la fórmula de Hazen-Williams. La multiplicación de tanques de pequeña capacidad, fue un elemento clave para permitir una repartición equitativa del agua entre los diferentes poblados.

El volumen de regulación de los tanques fue

⁵ DIGESA-Proyectos de Abastecimiento de Agua y Saneamiento para poblaciones Rurales y Urbano Marginales, pp 108 en Compendio de Normas sobre Saneamiento. Volumen II: Normas Técnicas Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, Lima, enero de 1994.

⁶ Ver Apéndice A.

⁷ Ver Jordan T.D. A Handbook of Gravity-Flow Water Systems for Small Communities pp 35-76. Intermediate Technology publications, UK, 1980.

calculado estableciendo como mínimo 1/4 del consumo máximo diario. Sin embargo, en base a la presente experiencia, se recomienda -para sistemas con fuentes de caudal limitado- usar un volumen de regulación mínimo de 1/3 del consumo máximo diario, en particular para los tanques donde el agua podría rebosar.

Para facilitar el proceso de construcción se estandarizó el volumen de los 10 tanques en 1,2 m³ y 6 m³. Se construyó los tanques con un volumen total de 17 m³ equivalente a casi 2/3 del consumo máximo diario, lo que facilitó el manejo del agua por la JASS, sin incrementar los costos de inversión de manera significativa.

Para facilitar la O&M se redujo al mínimo el número de cámaras, especialmente las cámaras rompe presión con válvulas de flotador de tamaño superior a 1/2". Estas tienen pared de separación y una sola llave de control ubicada en la cámara. Este diseño es más económico y asegura un periodo de vida más largo para la válvula de flotador.⁸ Hubiera sido posible utilizar tanques rompe presión⁹ en vez de cámaras rompe presión, sin embargo no se ha tomado el riesgo de introducir esta tecnología en este proyecto.

En el Apéndice A se explica de manera detallada las características y campo de aplicación de estas tecnologías, en el Apéndice C se encuentra el esquema hidráulico del sistema y en el Apéndice D se muestran planos detallados de diversos elementos del sistema como bebederos y cámaras rompe presión.

3.4 Operación y mantenimiento

En el plano y perfil topográfico que siguen (Fig. 4 y 5) se puede apreciar los principales

elementos del sistema. De los 15.275m de tuberías instaladas, hay 6.480m de líneas de conducción de flujo libre. Los 1.020m de líneas desde las captaciones hasta la cámara de recolección, pueden ser de flujo libre o a presión, según cómo varía el caudal de los manantiales. Los restantes 7.775m de líneas siempre trabajan bajo presión.

Más del 80% de los tubos utilizados son de 1/2".¹⁰ Como corolario la mayoría de las válvulas y accesorios son también de diámetro pequeño. Esto disminuye tanto el costo de inversión como el costo de mantenimiento del sistema.

El agua puede rebosar en 5 partes del sistema: las captaciones de los manantiales, la cámara de recolección de Curiminas - lo que ocurre en los meses de lluvias cuando el caudal captado excede 0,30 l/s - y los tanques de Orconmarca, Poccontoy y Tacana.

Hubo quejas por parte de unos usuarios de Orconmarca y Tacana de que el agua "no alcanzaba" sin embargo las quejas parecen más motivadas por que al final de la noche el agua rebosa del tanque produciendo malestar el desperdicio de agua segura que siempre fue escasa en el área. De ahí la recomendación de considerar para sistemas similares un volumen de regulación más elevado para los tanques que rebosan.

La operación correcta del sistema se hace controlando la repartición del agua entre los 10 reservorios.

La regulación de los caudales de entrada de los tanques es hecha por el presidente o el operador de la JASS, calibrando la llave de paso de 1/2" mediante un recipiente de 1 litro y un reloj con segundero. La JASS conoce los tiempos (caudales) para cada

⁸ Narkevic, J. *An improved break-pressure tank for rural water supply*, pp 12-13 in *Waterlines* Vol.11 No2, UK, October 1992.

⁹ Son tanques cuya entrada está provista de válvula de flotador de 1/2", ver Apéndice A.

¹⁰ En total se utilizó 12.270m de tubos de 1/2", 2.660m de 3/4" y 345m de 1".

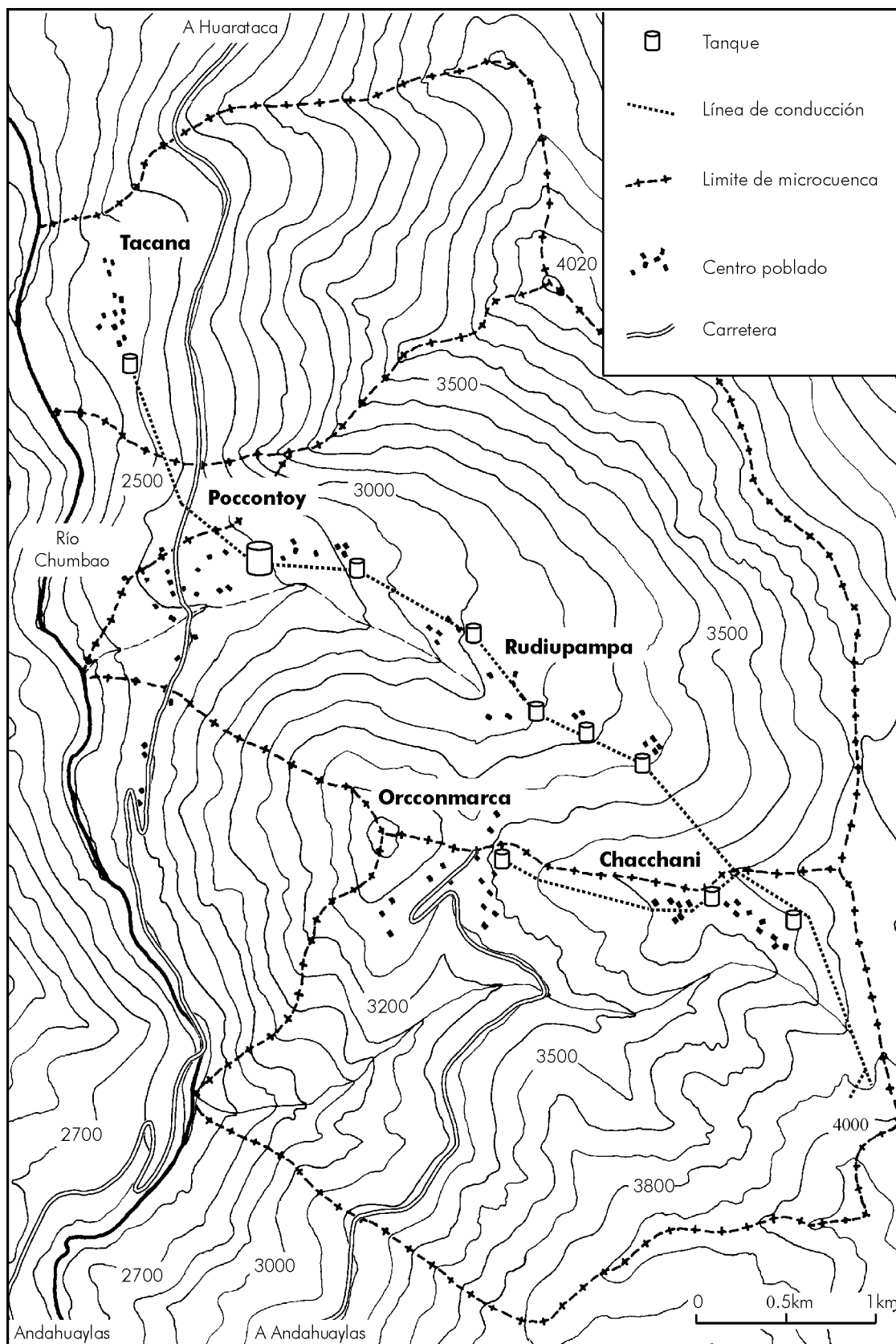


Fig.4 - Líneas de conducción y tanques

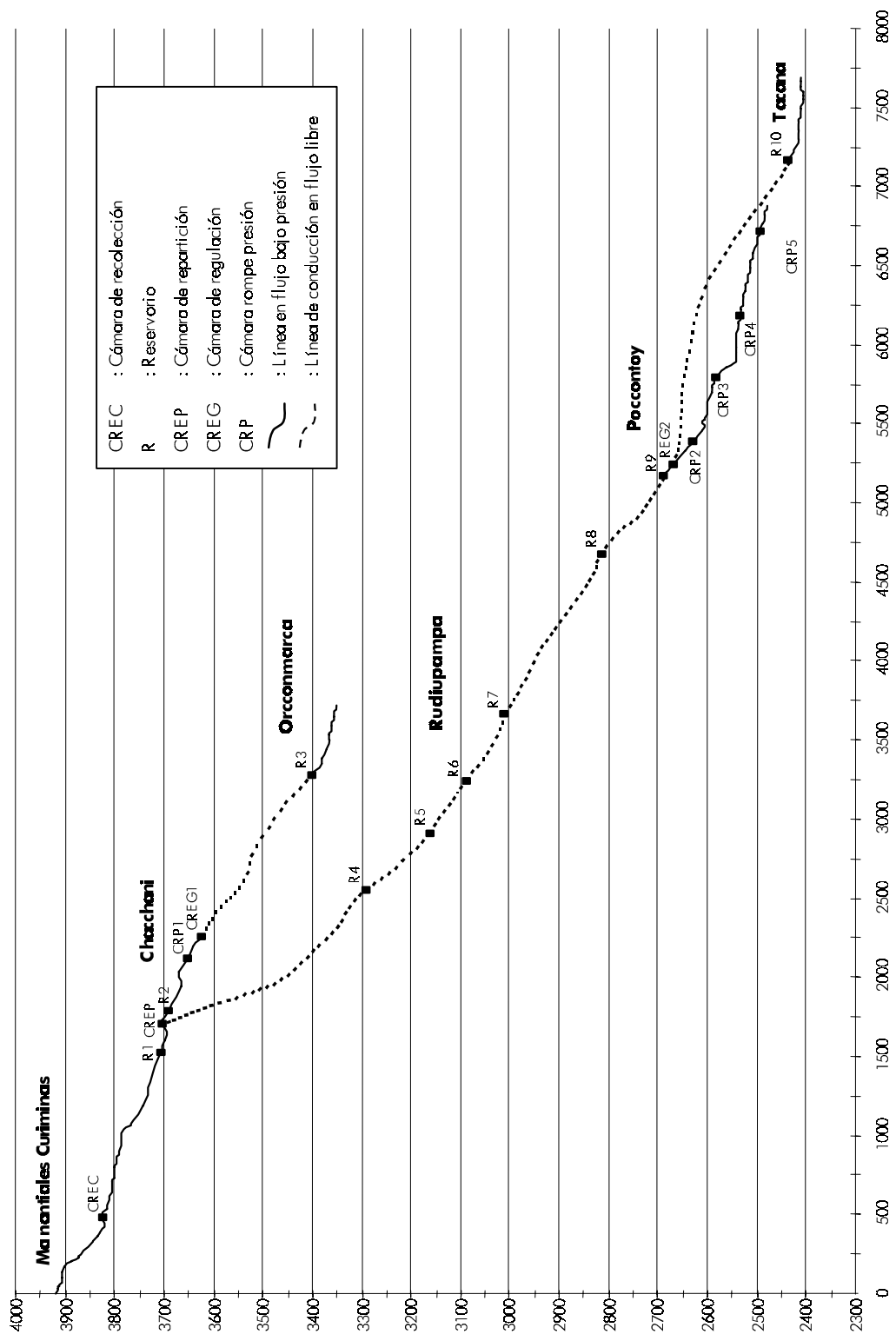


Fig. 5 - Perfil topográfico de las líneas principales con la ubicación de las cámaras y reservorios (abscisa y altura en m)

tanque sin embargo el Presidente contó, que tuvo que regular por ensayo-error las llaves de las cámaras de regulación de los tanques de Orconmarca y Tacana para satisfacer a los usuarios y de acuerdo a las variaciones estacionales del caudal. Estas 2 cámaras tienen candados considerando que su caudal debe ser estrictamente controlado para que no se pierda agua en exceso por el rebose de los tanques.

A pesar de que hubo usuarios que desregularon el caudal de entrada de varios tanques en Rudiupampa y Chacchani, esto no afectó la repartición del agua por la presencia de las válvulas de flotador de 1/2" que permiten evitar que el agua se pierda por el rebose.

3.5 Calidad del agua de consumo

Los valores guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la calidad del agua de bebida son de 0 UC/100ml tanto para coliformes fecales como para coliformes totales. Todos los países americanos aplican la norma «0» para los coliformes fecales. Colombia, Chile y Ecuador consideran tolerables valores de 1 UCT/100ml para los coliformes totales y Argentina tolera valores de hasta 3 UCT/100ml para los mismos.¹¹

Estas normas parecen sin embargo, poco realistas para comunidades rurales andinas. El volumen 3 de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable (1995)¹² *"reconoce que, en la gran mayoría de los sistemas de abastecimiento de las zonas rurales de los países en desarrollo, hay una contaminación fecal generalizada.*

En esas circunstancias, el organismo nacional de vigilancia debe establecer objetivos a plazo medio para mejorar gradualmente el abastecimiento". En este sentido los valores guías para la calidad del agua deben interpretarse con prudencia.

Un estudio del CEPIS sobre la calidad del agua en sistemas rurales de abastecimiento de agua por gravedad sin tratamiento, realizado en los Departamentos de Ancash, Apurímac, Cajamarca y Cuzco,¹³ muestra que alrededor de la mitad de los sistemas donde no se hace cloración presentan coliformes termotolerantes (fecales) en las captaciones, reservorios o conexiones domiciliarias. En los sistemas donde se realiza la cloración también hay presencia de coliformes termotolerantes aunque en menor proporción de casos.

En el caso del sistema de Poccontoy Orconmarca, ProAnde no ha recomendado a la comunidad que clore el agua. Un suministro constante de agua segura se obtiene de la siguiente manera:

- En ningún punto del sistema la presión del agua es negativa. Las presiones de servicio en la red de distribución son de mínimo 3m.
- Todas las partes del sistema -en particular las captaciones- son protegidas de la contaminación externa (Ver Apéndice B Protección de manantial).
- Se recomienda que la comunidad realice la limpieza y desinfección de todo el sistema 2 veces al año, antes y después de la temporada de lluvias.
- Se hace educación sanitaria con toda la

¹¹ Citado en la página web del CEPIS <http://www.cepis.ops-oms.org>

¹² Ibid.

¹³ OPS/CEPIS. *Estudio de la Calidad del Agua en Sistemas de Abastecimiento Rural Departamentos de Ancash, Apurímac, Cajamarca y Cuzco*. Lima, 1999.

Tabla 2 - Análisis microbiológico: sistema de abastecimiento de agua de Poccontoy Orconmarca.¹⁴

	Coliformes fecales (UCF/100ml)	Coliformes totales (UCT/100ml)
Cámara de captación de Curiminas	0	1
Buzón de recolección de Curiminas	0	2
Pileta pública de Chacchani	0	2
Pileta pública de Orconmarca	0	0
Pileta pública de Rudiupampa	0	1
Pileta pública de Poccontoy	0	0
Pileta pública de Tacana	0	1

comunidad y con la JASS para que se respeten los 2 últimos puntos.

Para comprobar la calidad del agua de consumo, en mayo del 2000 se solicitó al MINSA que realice análisis bacteriológicos del agua en diferentes puntos del sistema y en las fuentes tradicionales de abastecimiento de agua (ver resultados en la Tabla 2). El sistema no había sido limpiado ni desinfectado en los 6 meses que precedieron el análisis.

Estos valores de análisis de agua deben ser apreciados confrontándose con resultados en sistemas similares. Sin embargo el análisis de la Tabla 2 permite dos constataciones:

- El agua está libre de contaminación fecal, los valores bajos de coliformes totales no son significativos, considerando que pueden pertenecer a especies microbianas naturales de los suelos.

- La tendencia observada de una ligera disminución de los valores de coliformes totales desde las captaciones hacia las piletas públicas más alejadas, muestra la efectividad de las medidas de protección del sistema, considerando que se puede interpretar como efecto de la auto depuración del agua por el tiempo de residencia en los tanques, cámaras y tuberías.

En conclusión los valores de análisis de agua del sistema de Poccontoy Orconmarca, son buenos, reforzando la hipótesis que el flujo libre en la conducción no afecta negativamente la calidad del agua y que la cloración del agua no es necesaria en sistemas rurales de este tipo. Sin embargo se necesita un monitoreo constante y también de otros sistemas similares para confirmarlo, en particular de sistemas con mayor antigüedad donde puede haber fugas en la línea de conducción.

¹⁴ Ministerio de Salud – Dirección Sub Regional de Salud Chanka – Programa de Saneamiento Básico – Laboratorio de control ambiental, 5 de mayo del 2000.

3.6 Costos

El aporte de ProAnde para los rubros materiales y servicios fue financiado principalmente por el Fondo Contravalor

Perú Canadá; y para el manejo del proyecto, la capacitación de la JASS y educación sanitaria por UNICEF y la ONG Británica Christian Aid.

Tabla 3 - Costos en US\$					
	Aporte ProAnde	Aporte Municipalidad de Talavera	Aporte Comunal	Total (US\$)	%
Materiales				8.128	44,5%
Tubos y accesorios PVC	5.638	262		5.900	32%
Válvulas y accesorios de fierro galvanizado	640			640	3,5%
Cemento, madera y fierros de construcción	1.350			1.350	7,5%
Agregados		128	30	158	1%
Otros	80			80	0,5%
Servicios				4.979	27,5%
Maestro de obra	1.041	359		1.400	8%
Mano de obra (1.048 jornales)			3.176	3.176	17,5%
Equipos y herramientas	140		64	204	1%
Transporte de materiales	145	54		199	1%
Manejo del proyecto				5.120	28%
Estudios de pre inversión	320			320	2%
Promoción	1.200	120	318	1.638	9%
Supervisión	750			750	4%
Capacitación comunal en Administración y O&M	743			743	4%
Capacitación JASS en Administración y O&M	357			357	2%
Gastos administrativos	1.312			1.312	7%
Total (US\$)	13.716	923	3.588	18.227	100%
%	75%	5%	20%	100%	

4. La participación comunal para un proyecto sostenible

4.1 Ejecución del proyecto

Las obras se ejecutaron bajo administración directa de ProAnde con un equipo constituido por un albañil-gasfitero como maestro de obra y un ingeniero sanitario para el diseño y la supervisión. Además un promotor apoyó la construcción de las obras en Poccontoy, Tacana y Rudiupampa. El costo de los estudios de pre inversión fue mínimo: los levantamientos topográficos para el diseño y replanteo se hicieron con un clinómetro (nivel de mano Abney). En vez de planos se hicieron simples croquis de formato A4. Los comuneros intervinieron regularmente en el diseño y replanteo.

"Nosotros hicimos colocar a nuestro gusto, inclusive el reservorio dijimos "allacito" porque la piedra del cerro lo puede agarrar"

Edgar Loayza - Comunero de Tacana

Los trabajos empezaron en Curiminas el 16

de octubre 1998 y terminaron en Tacana el 3 de febrero del 1999. El subsistema de Orcconmarca se construyó del 7 al 19 de abril del 1999.

En cada centro poblado se formó un Comité Pro-Obras responsable de la recepción, almacenamiento y gestión de los materiales entregados por ProAnde. Los Comités también contribuían a la supervisión de los trabajos como apertura y relleno de zanjas, transporte de agregados y curado del concreto. Cada Comité era responsable de las obras en su respectivo sector.

Las autoridades comunales por su parte se encargaron de promocionar la obra y organizar el trabajo comunal, llevando un estricto registro del número de jornales¹⁵ aportados por cada usuario. Cada día las autoridades determinaban los tareas y los topos¹⁶ que cada usuario tenía que cumplir, organizando el trabajo por faenas¹⁷ comunales o jornales individuales. La

¹⁵ Un jornal es el trabajo realizado en un día por un comunero.

¹⁶ Un topo es la medida del trabajo a realizar por un comunero en un día. Por ejemplo excavar 30 metros de zanja.

¹⁷ Una faena es un trabajo colectivo realizado por la comunidad en un día.

apertura y relleno de zanjas se hacían en faenas por sector, las obras de concreto por cuadrilla.¹⁸ Los futuros usuarios de cada pileta pública hacían los tramos de zanjas desde la matriz hacia su pileta. Las mujeres tuvieron un papel importante como fuerza laboral y para la promoción de los trabajos.

"...más interés ponen las mujeres, más empeño a sus esposos (...) Incentivan porque el hombre no se da cuenta, la mujer se da cuenta (...) del agua que pueden tomar, que necesitan ellas, que tomar agua limpia..."

Nilo Taipe - Maestro de obra

Al principio hubo dudas en cuanto a la eficiencia del sistema:

"Sinceramente dudaba, viendo los manantitos el agua era poquísimo..."

Emilio Loayza - Autoridad de Tacana

"Cuando vimos tubos de 1/2" dijimos 'esta aguita qué nos va a alcanzar', pero el ingeniero nos dijo que hasta nos iba a sobrar."

Emilio Loayza - Autoridad de Tacana

"Los antiguos viejitos dudaban diciendo que tal vez el agua no va a alcanzar, o tal vez se seque por la impertinencia de meterse así no más sin pedir permiso a los apus y los viejitos decían hay que hacer el pago."

Mario Alcarraz - Autoridad de Rudiupampa

Sin embargo había también mucha esperanza:

"... cuando se avanzó nos alegramos. Mi señor traía como muestra agua en galón desde el ojo del manante y probamos esa agua buena."

Mercedes Loayza - Comunera de Poccontoy

La obra se inició desde las captaciones, para seguir luego por Chacchani, el pueblo más alto. De esta manera todos podían ver el agua correr en las piletas o llenar los tanques a medida que avanzaban los trabajos. Esto también acabó con las dudas.

"... en realidad la gente no entendía, ellos preferían traerse agua por canal de tierra que por tubos. Ahora si están convencidos y agradecidos del agua que sí está abasteciendo."

Armando Vargas - Autoridad de Poccontoy

"Primero me pareció diferente [el tanque de ferrocemento] porque era un nuevo modelo, pero antes decía 'esta cáscara de huevo no va a durar', pero está bueno."

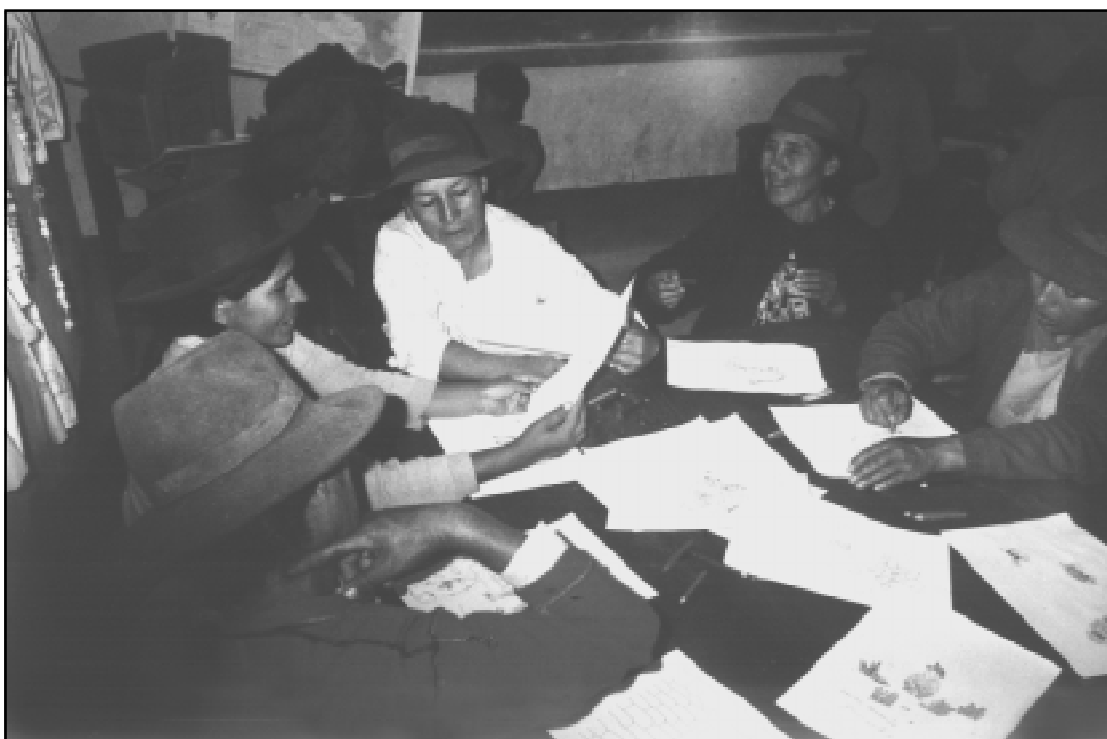
Cirilo Ccepayá - Comunero de Tacana

4.2 Administración, operación y mantenimiento

El proyecto de producción agrícola de ProAnde no tenía fondos para la educación sanitaria ni tampoco para la capacitación en Administración de la JASS; sin embargo los Comités Pro-Obras de Poccontoy y Orconmarca recibieron de ProAnde un módulo de herramientas para la O&M. Además en cada Comité había varios aficionados en gasfitería y albañilería que trabajaron con el maestro de obra capacitándose en O&M.

Una vez finalizada la obra, el Comité Pro-Obras de Poccontoy se consolidó como Comité de Agua Potable encargado de administrar el sistema, mientras los demás Comités se disolvieron. El Comité de Poccontoy se quedó con las llaves de los candados de las tapas de cámara. Esta situación provocó algunas tensiones y

¹⁸ Una cuadrilla es un grupo de personas organizadas para hacer un determinado trabajo



Taller PHAST con comuneras de Orconmarca

sospechas entre las partes altas y bajas, especialmente en torno a la repartición del agua y participación en faenas de mantenimiento.

"No hubieron nada de problemas, sólo de Poccontoy que cortaron la canastilla [de la cámara de repartición de Chacchani] dejando sin agua a Chacchani y Orconamarca por una semana"

Eugenio Huamán - Comunero de Orconamarca

En diciembre de 1999 ProAnde inició una intervención en educación sanitaria utilizando las metodologías participativas SARAR¹⁹ y PHAST.²⁰ El tema sensible de la Administración y O&M del sistema, fue

analizado y debatido por la población adulta durante 2 talleres realizados en Poccontoy y Orconmarca, los días 19 y 20 de enero del 2000. En ambos talleres las comunidades concluyeron que las dificultades en O&M se debían a la falta de coordinación entre las partes altas y bajas, y acordaron reunirse todos en un lugar "neutral" para sentar las bases de una nueva organización.

"Mi planteamiento para que todo el sistema de agua se mantenga bien es que (...) se debe nombrar un solo comité [para los 5 anexos] y deben tener sub-comités en cada anexo, y todos los habitantes de Chacchani, Orconmarca, Rudiupampa y Poccontoy deben cuidar bastante,

¹⁹ Metodología educativa participativa para adultos cuyas siglas significan en inglés 5 cualidades personales que fortalece: Autoestima, Capacidad Asociativa, Creatividad, Capacidad de Análisis y Responsabilidad.

²⁰ PHAST: siglas en inglés de «Transformación Participativa para la Higiene y el Saneamiento». Ver Marinof N., Pesantes M.A., Samanez C., Centurión C. *Metodologías participativas en educación sanitaria. Una adaptación de PHAST para comunidades rurales andinas del Perú. Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial*, Lima, 2001.

sobretudo los lugares de captación..."
Armando Vargas - Autoridad de Poccontoy

De cierta forma esta asamblea realizada en Rudiupampa el 5 de febrero del 2000, simbolizó un punto final para los conflictos por el agua. En esta asamblea las comunidades eligieron una sola JASS cuyo consejo directivo está conformado por miembros de los cinco poblados y 5 Comités Locales de Agua Potable, uno para cada centro poblado, para respaldar el trabajo de la JASS. Luego ProAnde realizó un ciclo de capacitación en Administración donde se elaboró estatutos y reglamentos para la JASS y los 5 comités.

"La JASS es responsable de la operación y mantenimiento de las partes principales del sistema que incluyen las captaciones, líneas de conducción, cámara de recolección y cámaras de repartición. También es agente de coordinación entre los Comités por anexo tratando de resolver cualquier conflicto que se presente y controlando que se reparta el agua de manera equitativa entre anexos, de manera que no perjudique a nadie."
Estatutos JASS

Por otro lado:

"Los Comités de Agua Potable por anexo son responsables de la administración, operación y mantenimiento de las partes del sistema en su anexo, es decir las piletas públicas, bebederos, líneas de distribución, reservorios y cámaras rompe presión con válvula de flotador. También se responsabilizan de controlar el consumo del agua en su anexo y recaudar fondos entre los usuarios. Parte de los fondos recaudados deben ser entregados a

la JASS General."
Estatutos JASS

Los resultados fueron positivos:

"Desde la fecha que hemos organizado el comité no hay ningún tipo de problemas en caso de agua potable, a veces cuando disminuye el agua nos da ya en conocimiento de que podemos hacer esto o podemos hacer aquello, ya tenemos una buena organización..."
Teófilo Granados, Autoridad de Orcconmarca

Según el reglamento comunal, cada mes los comuneros deben prestar un día de trabajo no remunerado para la comunidad. El operario de la JASS cumple con esta obligación realizando mensualmente una inspección de todo el sistema. Si además tiene que efectuar una reparación, el operario recibe el valor de un jornal según



Desinfección del sistema

Tabla 4 - Costos estimados de Administración y O&M (en US\$ por año)			
	Trabajos voluntarios no remunerados	Costo a financiar por las cuotas	Costo total
Labores <i>ad honorem</i> de la JASS y Comités locales	171		171
Faenas de mantenimiento	242		242
Operarios	63	29	92
Insumos para O&M (cloro, repuestos, ...)		51	51
Insumos para Administración (recibos, ...)		10	10
Total (US\$)	476	90	566

la tarifa de la comunidad (S/. 10,00 equivalente a US\$ 2,86).²¹

En la Tabla 4 se da una estimación del costo anual de Administración y O&M del sistema, el cual representa 3% del costo total del proyecto. Las cuotas de los usuarios representan el 0,5% del costo del proyecto.

En asamblea comunal se fijó una cuota mensual de S/. 0,50 por familia con la posibilidad de pagarla cada 6 meses con una cuota de S/. 3,00. El monto anual recaudado ascendería a unos S/. 438,00 (US\$ 125,00) para los 91 usuarios

considerando que hay un 20% de morosos.

Este monto es suficiente como para cubrir los costos de Administración O&M pero no el costo de reposición del sistema que constituiría un adicional del orden de S/. 3,00 al mes por familia.

El monto anual que un usuario debe aportar en efectivo (S/. 6,00) equivale a la prestación de un mediodía de trabajo no calificado (el pago del jornal en Andahuaylas o Talavera es de S/. 12,00 equivalente a US\$ 3,43) lo que no representa dificultades para la mayoría de los usuarios.

²¹ Un Dólar (US\$) = 3,50 Nuevos Soles (S/.)

5. Conclusiones

En la Sierra Peruana miles de pequeños centros poblados rurales no tienen acceso al servicio de agua potable. Las complejas características sociales, topográficas, hidrológicas y la dispersión de la población hacen que proyectos elaborados con tecnologías convencionales para sistemas de abastecimiento de agua por gravedad no resulten sostenibles.

1. El presente estudio demuestra que tecnologías apropiadas -como líneas de conducción de flujo libre o pequeños tanques de ferrocemento- constituyen una alternativa adecuada cuando se implementan con un enfoque participativo en todas las fases del proyecto. Las tecnologías y el enfoque presentados han sido validados por ProAnde en proyectos de abastecimiento de agua beneficiando a 22 centros

poblados del ámbito rural de Andahuaylas, desde un caserío de 9 familias (Mariana) hasta una comunidad de 344 familias (Llantuyhuanca-Chaccamarca).

2. Los proyectos de abastecimiento de agua por gravedad para poblaciones rurales dispersas planificados y ejecutados por ProAnde han beneficiado a 4.195 habitantes con una inversión total de US\$ 32,2²² por habitante. En el caso de Poccontoy y Orcconmarca, la inversión ascendió a US\$ 39,0 por habitante, por las dificultades enfrentadas. Estos costos son comparativamente mejores que los costos de otros proyectos de abastecimiento de agua por gravedad en Perú que varían de US\$ 40,9 a US\$ 62,6²³ por habitante.

²² Incluyendo los costos indirectos y los aportes comunales y municipales.

²³ Programa de Agua y Saneamiento PNUD – Banco Mundial. *Lineamientos para un Programa Nacional de Agua y Saneamiento Rural*. Lima, 1998.

3. Las principales ventajas de este nuevo enfoque son:

- Ahorro considerable en costos de O&M por la reducción de los tamaños de tubos y accesorios, y la posibilidad de eliminar todas las válvulas de flotador de las cámaras rompe presión, o por lo menos, las válvulas de tamaño superior a 1/2" (ver Apéndice A).
- Autosostenibilidad del servicio de abastecimiento de agua, considerando los niveles de organización y capacidad de pago de las comunidades rurales de la provincia de Andahuaylas.
- Mejor nivel de servicio que permite abastecer de manera constante y con agua segura a pequeños grupos de casas dispersas e incluso aisladas. La posibilidad de construir nuevos tanques pequeños para zonas de expansión poblacional ubicadas en condiciones topográficas difíciles da más flexibilidad para la ampliación del sistema que

cuando existe un tanque único de grandes dimensiones.

4. En muchos casos, un sistema descentralizado con tanques pequeños que sirven a grupos reducidos de usuarios, presenta analogías con el sistema tradicional de abastecimiento de agua lo que facilita la aceptación del nuevo sistema y potencia la organización tradicional de la comunidad, facilitando la Administración y O&M, y mejorando la sostenibilidad.

5. La presente experiencia muestra que, en sistemas de este tipo, no es necesario clorar el agua para obtener un suministro de agua segura si se mantiene una adecuada protección de los manantiales y del sistema en general. Sin embargo, la educación sanitaria de los usuarios y una buena organización para la O&M, son indispensables. Pero, para confirmarlo, se necesitaría realizar durante varios años un monitoreo constante de los sistemas construidos.

6. Lecciones aprendidas

Este estudio nos da varias lecciones en cuanto a planificación de proyectos de abastecimiento de agua.

- Los proyectos de abastecimiento de agua no deben ser un componente accesorio de proyectos agrícolas o productivos, ya que se pueden producir conflictos entre objetivos, y dificultades en establecer una clara estrategia de intervención.
- La selección de las fuentes de agua para el abastecimiento de una comunidad no puede ser solucionado en forma aislada, sino que debe ser analizado y solucionado en forma participativa, a nivel de la cuenca y microcuenca, con todas las comunidades involucradas. Para ello es necesario investigar, entender y respetar el modo tradicional de abastecimiento de agua y su organización social. De la misma manera, si se implementa un nuevo sistema de agua, tanto su diseño como su Administración y O&M deberán tomar en cuenta estos aspectos y ser desarrollados de manera participativa.
- Los conflictos por el agua deben ser solucionados por las mismas comunidades. Las instituciones presentes sólo deben facilitar el proceso.
- Todo el proceso social de planificación participativa debe desarrollarse al ritmo de las comunidades. Para ello, el ente ejecutor debe ser lo suficientemente flexible en su programación, previendo el tiempo necesario para la resolución de eventuales conflictos.

APÉNDICES TÉCNICOS

APÉNDICE A

Tecnologías apropiadas para el abastecimiento de agua por gravedad de poblaciones rurales dispersas

En la sierra peruana, los sistemas convencionales de abastecimiento de agua por gravedad no son apropiados a las particularidades de las pequeñas poblaciones andinas que son fundamentalmente dos: (a) una alta dispersión de las viviendas y (b) una topografía muy accidentada que obliga a multiplicar las cámaras rompe presión en los sistemas convencionales encareciendo los costos de inversión y O&M.

Uno de los aspectos críticos de la O&M de los sistemas autogestionados por las comunidades, es el costo elevado de reemplazo de las válvulas de flotador de las cámaras rompe presión que suelen dañarse al cabo de unos años de servicio. Las comunidades raramente tienen el nivel de organización suficiente para reemplazarlas y son frecuentes los sistemas que colapsan o dan un mal servicio por este motivo.

Frente a esta situación, ProAnde viene desarrollando desde 1997 nuevas tecnologías adecuándolas a la demanda y

características de las comunidades entendiéndose por esto no sólo las particularidades físicas sino sus peculiaridades sociales y económicas. El desarrollo de estas tecnologías fue posible gracias a los aportes financieros de la ONG británica Christian Aid y, luego, del Fondo Contravalor Perú-Canadá, de la Municipalidad Distrital de Talavera y de la ONG española CESAL.

A continuación, luego de un breve análisis sobre dotación de agua y caudales de diseño para pequeñas poblaciones rurales, se describirá las tecnologías desarrolladas - líneas de conducción de flujo libre y tanques de ferrocemento de pequeña capacidad -, explicando sus características y ventajas en comparación con tecnologías convencionales, y las condiciones en las cuales se aplican.

1. Dotaciones y caudales de diseño

Para el área rural de la Sierra peruana, la norma recomendada para sistemas de

abastecimiento de agua con conexiones domiciliarias es de 50 l/hab/día.^{24,25} Esta norma es de aplicación general para centros poblados rurales de hasta 2000 habitantes. Sin embargo en las comunidades de la puna ubicadas a alturas alrededor de 4000m, la demanda de agua suele ser menor por el clima frío y las condiciones extremas de vida, y para estos casos particulares, es aceptable considerar una dotación de 30 a 40 l/hab/día.

Cuando las viviendas están muy dispersas o cuando las fuentes de agua disponibles tienen caudales pequeños, a veces sólo es factible la instalación de piletas públicas que permiten un consumo de agua inferior al de conexiones domiciliarias. Para una pileta pública ubicada a una distancia menor de 250m de las viviendas, Hofkes²⁶ da valores de consumo variando desde 20 hasta 50 l/hab/día con 30 l/hab/día como valor tipo. El PRES (2000) asume una dotación máxima de 30 l/hab/día para tecnologías no convencionales sin mencionar específicamente las piletas públicas. También recomienda que, para poblaciones dispersas, la distancia de camino a pie hasta la pileta pública no exceda los 300m, y el número máximo de usuarios (familias) de 25 por pileta. En las comunidades atendidas por ProAnde nunca se ha excedido de 7 usuarios por pileta pública.

El período de diseño recomendable es de 20 años (DIGESA 1994, PRES 2000) para todos los elementos del sistema por gravedad -captación, línea de conducción, reservorio y red de distribución- por lo que los caudales de diseño discutidos a continuación deben calcularse en base a la demanda de la población futura.

Las captaciones y líneas de conducción se diseñan para conducir el caudal máximo diario equivalente a 1,3 del caudal promedio anual (DIGESA 1994, PRES 2000).

Las redes de distribución se diseñan para el caudal máximo horario. Para lo cual las normas peruanas dan valores de 1,5 (PRES 2000) y 2,6 (DIGESA 1994) del caudal promedio diario anual para centros poblados rurales de hasta 2000 habitantes (unas 400 familias).

Sin embargo, en pequeñas poblaciones rurales las variaciones de la demanda horaria son muy marcadas -con un pico fuerte en la mañana- y la aplicación de las normas precedentes daría un caudal de diseño del orden de 0,10 l/s para una población de 100 habitantes, valor que es excesivamente bajo.

Para superar esta incoherencia, las mismas normas recomiendan utilizar para la red de distribución diámetros mínimos de $\frac{3}{4}$ " (DIGESA 1994) ó 1" (PRES 2000), lo que daría caudales aceptables del orden de 0,5 a 1 l/s, pero no permitiría obtener diseños que garanticen una buena distribución de las presiones en la red. Durante las horas puntas de consumo, las presiones serían insuficientes en las partes altas de la red a menos que se coloquen válvulas para sectorizarla, lo que aumentaría los costos de inversión y O&M. Tampoco daría un diseño satisfactorio en zonas planas o de poca pendiente. Por estas razones es recomendable la utilización de tubos de diámetro de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ " en las redes de distribución de pequeñas poblaciones.

Para el diseño de redes que sirven a

²⁴ DIGESA. *Proyectos de Abastecimiento de Agua y Saneamiento para poblaciones Rurales y Urbano Marginales*. En: *Compendio de Normas sobre Saneamiento. Volumen II: Normas Técnicas*. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, Lima, enero de 1994.

²⁵ PRES-Ministerio de la Presidencia-Programa de Agua y Saneamiento Banco Mundial. *Propuesta de normas de diseño para infraestructura de servicios de agua y saneamiento en el área rural*. Lima, abril del 2000.

²⁶ Hofkes, E.H. *Small Community Water Supplies: Technology of small water systems in developing countries*. IRC, The Netherlands, 1983.

poblaciones de 100 hasta 300 habitantes es recomendable un valor de caudal máximo horario de 5 veces el caudal promedio diario anual. Esto da caudales de diseño que varían de 0,37 l/s a 1,10 l/s considerando una dotación de 50 l/hab/día y una tasa de crecimiento poblacional anual de 1,2%. Para poblaciones menores de 100 habitantes se puede aplicar un caudal de diseño de 0,35 l/s.

Para el diseño de una red con piletas públicas que sirve a menos de 100 habitantes se puede aplicar el método anterior o el método empírico siguiente: atribuir un caudal de 0,2 l/s a la última pileta de la red y 0,1 l/s a las demás piletas.

La aplicación de estos criterios de diseño, permitió a ProAnde utilizar tubos de diámetros no mayores a 1" en la mayoría de las redes de distribución que diseñó y construyó.

El hecho de utilizar caudales máximos horarios relativamente altos, implica aumentar la capacidad de regulación de los reservorios a valores mínimos de 1/3 del consumo máximo diario salvo justificación contraria.

2. Flujo libre en las líneas de conducción

El flujo en una tubería puede ser a presión o libre, en este último caso el agua circula en la tubería como lo haría en un canal abierto. Eso se obtiene cuando el caudal circulante es inferior al caudal máximo de la línea y su salida libre, lo que hace que por acción de la gravedad la tubería drene más rápido de lo que se llena (Fig. A1).

Para mantener el flujo libre es indispensable no poner válvulas en la línea de conducción, en particular en el tanque de llegada, pues si las condiciones se vuelven estáticas, la presión crecería hasta reventar la tubería.

No se sabe mucho sobre las características del flujo libre. Tal como en un canal, el flujo puede ser uniforme o variado, subcrítico o supercrítico de acuerdo al caudal, a la pendiente, diámetro de tubería, etc. La experiencia de ProAnde muestra que - para tuberías de diámetro pequeño (de 1/2" a 1") y caudales inferiores a 0,5 l/s - los esfuerzos que afectan las tuberías son mínimos y no requieren de bloques de anclajes ni tampoco parecen disminuir su vida útil. Similarmente

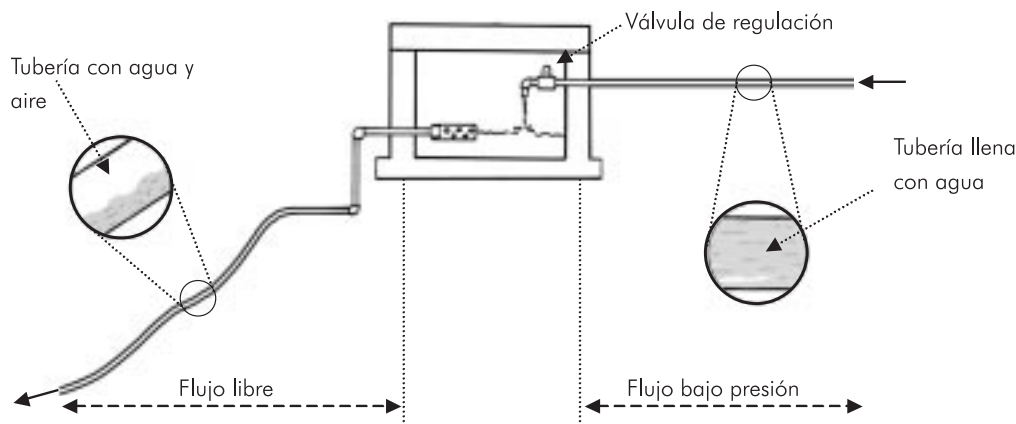


Fig. A1 - Ejemplo de flujo libre

las fricciones en las paredes de las tuberías de pequeñas dimensiones son fuertes, por lo que es probable que la velocidad del agua no supere los 3 m/s incluso en pendientes fuertes.

En teoría, la presión nula en la línea de conducción conlleva un riesgo de contaminación externa en caso de fugas, sin embargo en un medio rural disperso, la línea de conducción cruza terrenos con pocas fuentes de contaminación posibles. Los terrenos mal drenados - más susceptibles de contener aguas contaminadas - son de menor pendiente o forman depresiones y generalmente en ellos el flujo cambia, de libre, a bajo presión (Fig. A2).

Es recomendable la utilización de líneas de conducción de flujo libre para pequeños caudales, y cuando la topografía presenta pendientes fuertes e irregulares con desniveles superiores a 100 m. En el diseño de las líneas de conducción, se debe estudiar la combinación posible de líneas de flujo libre con líneas a presión, y cámaras rompe presión de entrada libre (sin válvula de flotador).

La gran ventaja de las líneas de flujo libre es

que elimina o reduce el número de cámaras rompe presión. El sistema de Poccontoy Orconmarca tiene una línea de conducción de flujo libre con un desnivel de más de 1000m sin ninguna cámara rompe presión. Si la norma de diseño indica ubicar una cámara rompe presión cada 50m de desnivel se concluye que tal línea permitió eliminar la construcción de 20 cámaras con considerables ahorros en costos de inversión y O&M.

2.1 Mecanismos de control del flujo libre en una línea de conducción

Para mantener el flujo libre en una línea de conducción, es necesario regular el caudal de entrada que debe ser inferior al caudal máximo de la línea. A continuación se presentan varios dispositivos utilizados en los proyectos de ProAnde para este fin.

2.1.1 Dispositivos automáticos

Estos dispositivos se utilizan para las captaciones, cámaras de reunión y cámara rompe presión de entrada libre en la conducción principal. Un dispositivo

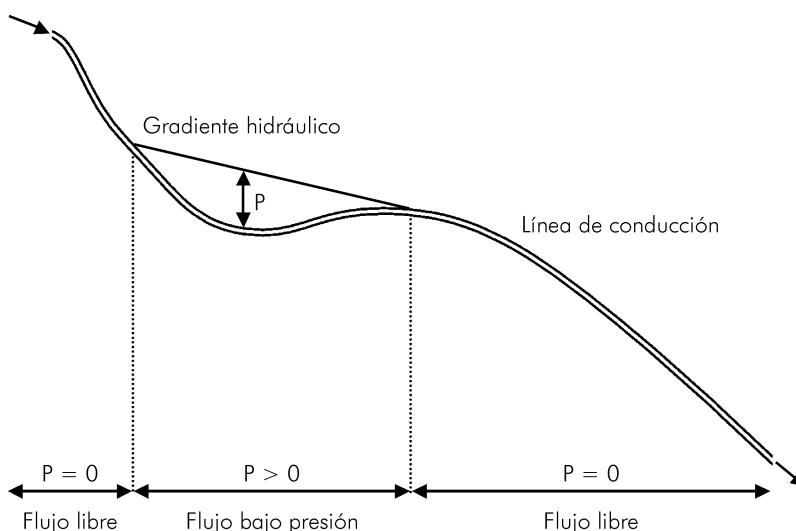


Fig. A2 - Cambio de flujo libre a flujo bajo presión

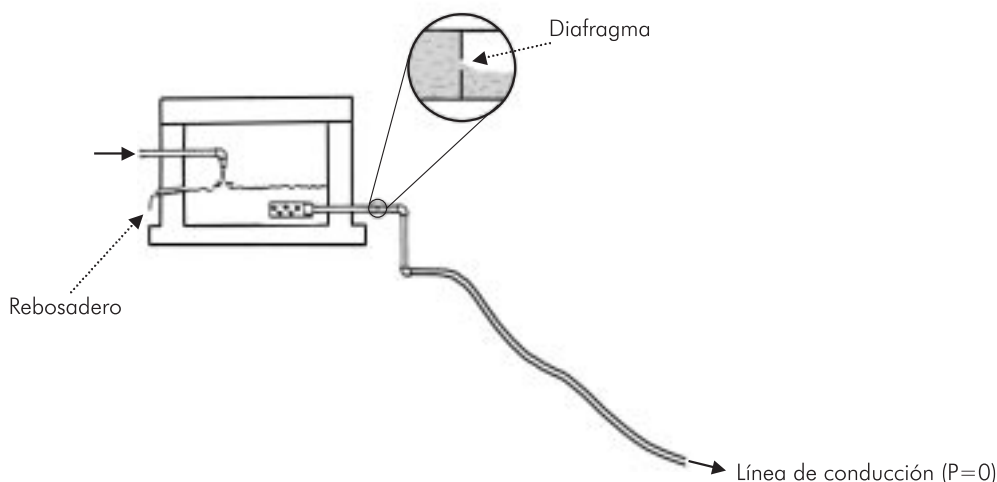


Fig. A3 - Control mediante un diafragma

automático es posible porque estos elementos están diseñados para el caudal máximo diario. Se justifica por la lejanía de la comunidad pues estos dispositivos no requieren de válvula, caseta de válvula o candado facilitando la O&M.

En la Fig. A3, el diafragma puede ser sustituido por un dispositivo similar como un retazo de tubo de pequeño diámetro, una válvula o cualquier estrechamiento intercalado en la línea. Este dispositivo puede ser obstruido por el ingreso de objetos ajenos al sistema como hojitas o insectos por lo que es mejor colocar el diafragma - o su sustituto - en una posición fácilmente accesible cerca de la entrada.

Resulta difícil diseñar el dispositivo para un caudal determinado por lo que puede ser necesario probar el dispositivo en el lugar. Este dispositivo es adecuado para la captación de manantiales de caudal irregular, pequeño durante el estiaje pero que crece mucho durante la temporada de lluvias y evita que durante este período, el flujo se vuelva bajo presión y haga reventar la línea.

El dispositivo puede consistir en una salida

de hierro galvanizado y una conducción de PVC de diámetro igual o superior, considerando que los tubos de hierro galvanizado tienen un diámetro interno más pequeño que los tubos de PVC de diámetro nominal equivalente, y que la rugosidad del hierro galvanizado es mayor que la del PVC. Con este dispositivo es recomendable añadir una toma de aire al tubo PVC, cerca de la unión con el hierro galvanizado.

El dispositivo de la Fig. A4 es similar al de un diafragma y se utilizó para cámaras rompe presión de entrada libre cuyo caudal supera 0,30 l/s.

En la Fig. A5 se observa que de la primera cámara sale una línea de conducción "A" que trabaja bajo presión con un caudal Q determinado por la pendiente, el diámetro de la tubería y su rugosidad. Si este caudal Q - que entra en la segunda cámara - es inferior al caudal máximo de la línea de conducción "B", el flujo en ésta será libre.

Es el dispositivo en funcionamiento en Chacchani donde la línea "A" corresponde a la línea de conducción entre la cámara de recolección de los manantiales y la cámara de repartición; la línea "B"

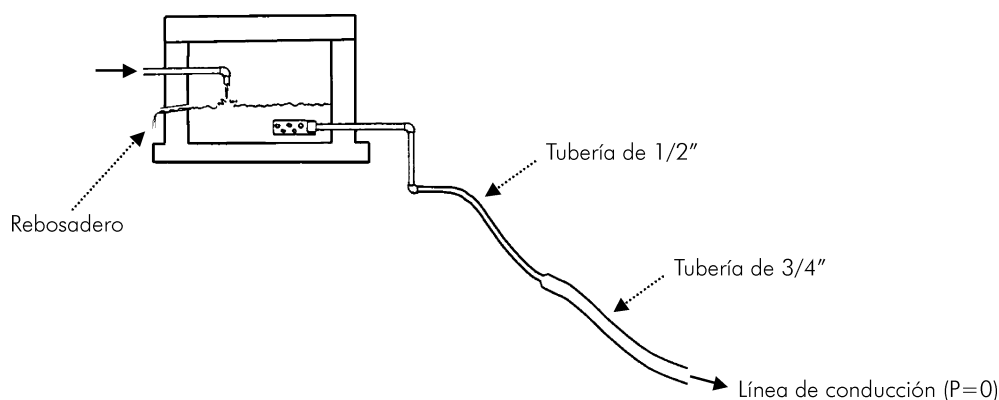


Fig. A4 - Control mediante una tubería de salida más pequeña que la conducción

corresponde a la línea entre la cámara de repartición y el tanque de Pocontoy. Es un dispositivo recomendable para cámaras rompe presión de entrada libre cuando existan condiciones topográficas favorables, al final de una sección de pendiente relativamente suave que precede una sección de fuerte pendiente.

2.1.2 Dispositivos regulables

Estos dispositivos se utilizan para cámaras de repartición o cámaras de regulación que

controlan el flujo libre en una línea de conducción secundaria que empieza desde una red de distribución (caso de las líneas de conducción de Orconmarca y Tacana).

La posibilidad de regular los caudales de las conducciones secundarias o de la cámara de repartición le da a la comunidad mayor flexibilidad en el manejo del agua por ejemplo en caso de que varíe el caudal de la fuente de agua o que aumente considerablemente la población de un sector abastecido por una conducción secundaria.

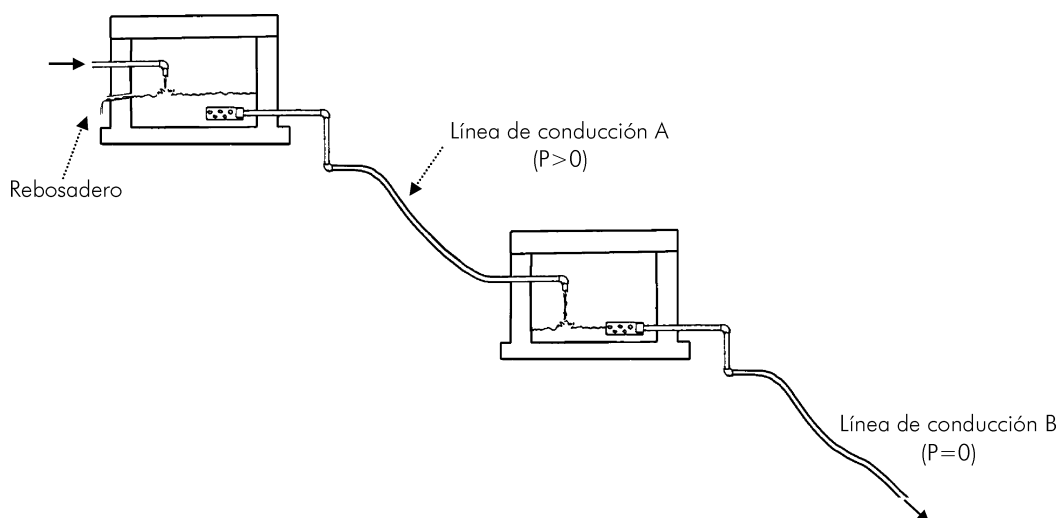


Fig. A5 - Control por limitación del caudal de entrada

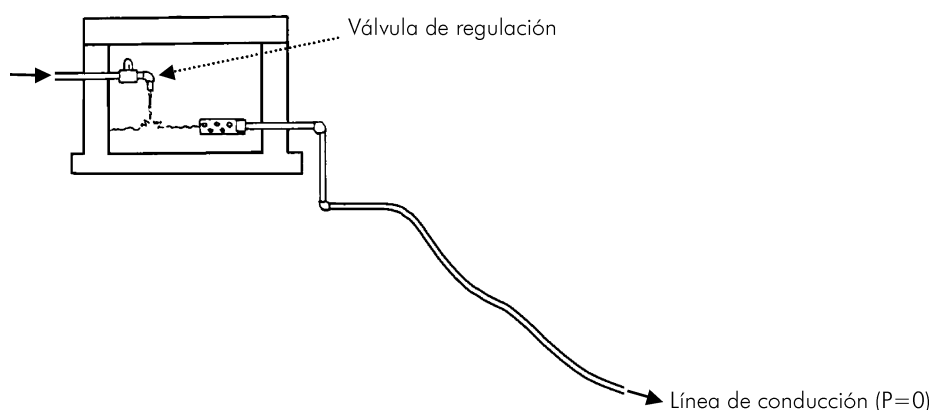


Fig. A6 - Control mediante una válvula de regulación en la entrada

Si se requiere utilizar el dispositivo de la Fig. A6 como cámara de repartición, ésta debe ser compartimentada. Un inconveniente es que si la línea de llegada es de flujo libre, como en el caso de una cámara de repartición ubicada en una conducción, se corre el riesgo que la tubería revienta si se cierra las válvulas de regulación.

En este caso particular se puede añadir un tubo de rebose al final de la línea de llegada de flujo libre, inmediatamente antes de las válvulas de regulación, eliminando así este inconveniente. Esta observación se aplica también al dispositivo de la Fig. A7 si se requiere utilizarlo como cámara de repartición.

El dispositivo de la Fig. A7 es el más simple y recomendable, reduce los riesgos de contaminación del agua y permite regular el caudal mediante la válvula de cierre, utilizando la toma de aire como rebosadero para el aforo. Cuando el dispositivo está en funcionamiento es importante que la válvula de cierre esté totalmente abierta.

Un inconveniente es que si por mala operación se abriera totalmente la válvula de regulación, la cámara resultaría inefectiva y se correría el riesgo de hacer reventar la conducción. En este caso, se puede añadir un dispositivo con diafragma como en las Fig. A3 o A4. Esta última observación se aplica también al dispositivo de la Fig. A6.

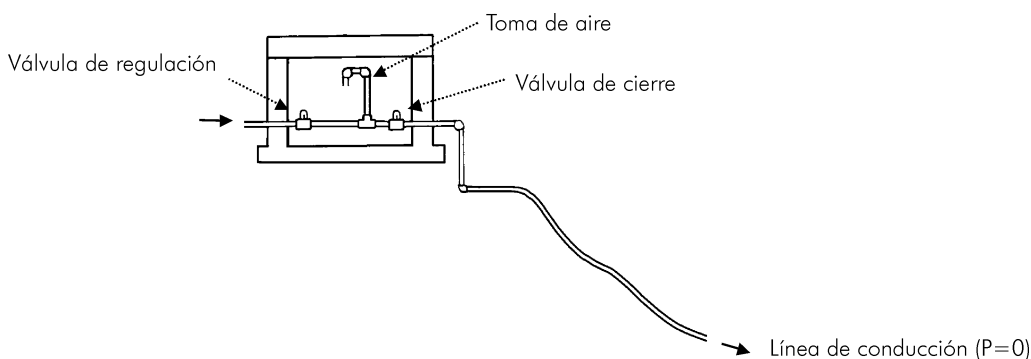


Fig. A7 - Control mediante una válvula de regulación en la tubería

3. Multiplicación de pequeños tanques en el sistema

Para hacer factible esta alternativa tecnológica es necesario disponer de una técnica de construcción de tanques simple, segura y económica, además de mecanismos que permitan incorporar los tanques en diferentes partes del sistema cuidando una repartición adecuada del agua entre tanques sin dificultar la O&M.

3.1 Tanques de ferrocemento

El ferrocemento es una forma de concreto armado que consiste en paredes delgadas de mortero de cemento reforzado con malla de gallinero y alambre. Los tanques de ferrocemento empezaron a construirse en los años 50. Si bien esta técnica es aún poco conocida en Perú, en países vecinos como Ecuador tienen amplia difusión.²⁷

Los tanques contruidos por ProAnde tienen una capacidad de 1,2m³ a 6m³ y costos de 145 a 360 dólares.²⁸ Las principales ventajas que hacen del ferrocemento una tecnología apropiada para pequeñas poblaciones son:

- Ahorro del orden de 60% en costos de materiales en comparación con el concreto armado.
- Peso liviano de los equipos y materiales necesarios para su construcción, equivalente a sólo ¼ del peso de los materiales requeridos para un tanque de la misma capacidad de concreto armado. Es una gran ventaja para la construcción de tanques en zonas de difícil acceso.

- La estructura liviana de los tanques de 1,2 m³ y 6 m³ sólo transmite al suelo cargas del orden de 0,2 a 0,3 kg/cm², o sea mucho menos que la capacidad portante de la mayoría de los suelos que es superior a 0,5 kg/cm². Esto y el pequeño tamaño de los tanques facilita la elección del sitio de construcción sin necesidad de estudios previos. Además los volúmenes de excavación son pequeños.
- Permite una importante contribución de la comunidad, considerando que el ferrocemento es una técnica simple e intensiva en mano de obra no calificada.
- El multiplicar tanques estandarizados en un mismo sistema permite que el equipo de construcción -el albañil con ayudantes de la comunidad- adquieran rápidamente habilidad en la construcción de tanques.

Los criterios y procedimientos utilizados por ProAnde para el diseño y la construcción de los tanques de ferrocemento provienen básicamente de 2 manuales.^{29, 30}

3.1.1 Diseño

Los diseños más utilizados para pequeños tanques de hasta 30m³ de capacidad utilizan morteros 1:3 (proporción cemento/arena en volumen) con un espesor de las paredes del orden de 5cm. El refuerzo consiste en una vuelta de malla de gallinero amarrada contra el encofrado por varias vueltas horizontales de alambre metálico. El espacio entre cada vuelta es del orden de 5cm. Eso da valores de fracción volúmica

²⁷ Ibarra, C. *Tecnologías apropiadas Diseño y Construcción de Tanques de Ferrocemento*. Programa de Agua y Saneamiento PNUD – Banco Mundial, Quito, 1999.

²⁸ Marinof, N. *Tanques de agua en ferrocemento. La experiencia de ProAnde*. pp 21-27 en: *Uso del ferrocemento, Bombas Manuales y Desinfección del Agua en el Área Rural del Perú*. Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial, Lima, 2000.

²⁹ Hasse, R. *Rainwater Reservoirs above Ground Structures for Roof Catchment*. GATE – GTZ, Alemania, 1989.

³⁰ Watt, S.B. *Ferrocement Water Tanks and their Construction*. Intermediate Technology Publications, Londres, UK, 1978.

de refuerzo³¹ de 0,25% a 0,35% para la pared.

A pesar de la falta de refuerzo vertical estos tanques han resultado seguros. En realidad, para tanques de esta capacidad, los refuerzos no son necesarios para su estabilidad estructural y sirven más bien para facilitar el proceso de construcción y como seguridad adicional en caso de sismos, asentamiento del suelo, golpe externo, cargas vivas o variaciones en el espesor y resistencia del mortero.³²

Para sus pequeños tanques ProAnde aplica un valor de 0.35% como fracción volúmica de refuerzo y utiliza un mortero 1:3 (f'c del orden de 210 kg/cm²) con una pared de espesor de 4 a 5 cm. Sin dudas sería posible disminuir el valor de estos parámetros de diseño sin poner en peligro la durabilidad de los tanques, sin embargo el ahorro que se lograría no sería significativo considerando el pequeño número de tanques construidos en cada sistema, lo que no sería el caso si se tuviera que construir un gran número de tanques, como por ejemplo, en un programa de construcción de tanques domésticos familiares para recolección del agua de lluvia en la costa o selva.

Estos valores de diseño contrastan con las normas del *American Concrete Institute* (ACI) sobre ferrocemento que recomiendan valores de 5 a 6% para la fracción volúmica de refuerzo y una proporción cemento/arena por peso de 1:1,5-2,5 sea alrededor de 1:1,2-2 en volumen. Skinner³³ indica que para la mayoría de los diseños de reservorios en ferrocemento construidos en países en desarrollo la fracción volúmica de refuerzo es del orden de 1%. En realidad la mayoría

de los tanques llamados "de ferrocemento" construidos en el mundo, no lo son y deberían llamarse "tanques de mortero reforzado con alambre" por no tener el alto volumen de refuerzo de malla y alta proporción de cemento del verdadero ferrocemento que sirve más bien para construir estructuras sometidas a esfuerzos mucho mayores como barcos.

3.1.2 Elección del tipo de encofrado

La experiencia muestra que una cuidadosa selección del encofrado garantiza buenos resultados por lo que se optó por un encofrado consistente en 6 planchas de acero galvanizado corrugadas y enrolladas para formar una vez ensambladas un



Construcción de la pared de un tanque de 6m³

³¹ Volumen de refuerzo (en este caso el volumen de la malla y del alambre metálico) por unidad de volumen de concreto (en este caso volumen de la pared).

³² Watt, S.B. *Ferrocement Water Tanks and their Construction*. Intermediate Technology Publications, Londres, UK, 1978.

³³ Skinner, B. *Ferrocement water storage tanks*. Paper presented at 21st WEDC Conference Sustainability of Water and Sanitation Systems, Kampala, Uganda, 1995.

cilindro con un diámetro de 2,30m y una altura de 1,70m. Las planchas miden 2,40m de largo por 0,88m de ancho y tienen 0,6mm de espesor. Se fabricó un encofrado similar de 1,15m de diámetro para los tanques de 1,2 m³ y 2 m³.

Este tipo de encofrado es durable, fácil y rápido de ensamblar, además las corrugaciones permiten medir precisamente el espesor del mortero que se aplica sobre las paredes asegurando así un espesor final homogéneo. Un encofrado de este tipo resulta muy económico si se requiere construir muchos reservorios del mismo tamaño, en caso contrario puede ser preferible utilizar encofrados de madera, ladrillos o adobes. Utilizando los 2 mismos encofrados desde 1997, ProAnde pudo construir 24 tanques de 6m³ y 37 tanques de 1,2m³ ó 2m³, quedando los 2 encofrados en buen estado como para construir más tanques. A parte de las planchas del encofrado que se fabricaron en Lima, todos los demás materiales utilizados - incluidas las herramientas - se compraron en Andahuaylas.

3.1.3 Construcción

Una vez listo el encofrado con su enmallado externo, se aplican 2 capas delgadas de mortero sobre la pared externa esperando que endurezca el cemento entre la aplicación de cada capa. Dos días después se quita el encofrado con cuidado y se aplican 2 nuevas capas en la pared interna, puliendo y enluciendo la última con cemento puro para impermeabilizar el tanque.

Esta técnica es fácil de aprender incluso para los que no son aficionados a la albañilería. Se aprende muy rápido los pequeños "trucos" como por ejemplo, no se debe aplicar capas de mortero demasiado gruesas que tienden a deslizarse sobre la pared produciendo

grietas horizontales. Lo mismo ocurre cuando la mezcla tiene demasiada agua (la proporción en peso de agua y cemento no debe superar 0,5:1).

Otra ventaja es que se puede simplificar el proceso de construcción y supervisión sin perjudicar los resultados. En base a pruebas de campo simples^{34,35} se seleccionan fuentes de agregados (arena) cercanas a la comunidad que los mismos beneficiarios pueden traer hasta el sitio de construcción. No se requiere realizar un diseño de mezcla ni pruebas de resistencia de concreto que encarecen los costos de los tanques de concreto armado de mayor capacidad. Una prueba simple de calidad para los tanques contruidos consiste en llenarlos de agua 5 días después de terminar la construcción de la pared cuando el mortero tiene aún sólo alrededor de 50% de su resistencia final, nunca se ha registrado fallas o fugas, a pesar de no utilizar impermeabilizantes.

Los tanques de 1,2m³ y 2m³ tienen una tapa circular de ferrocemento de 80kg de peso de 1,35m de diámetro y 2,7cm de espesor, reforzada con 3 espesores de malla de gallinero de ¾". Se construyen las tapas en un taller en Andahuaylas que dispone de plataformas y para curarlas en una poza durante 3 semanas. Luego se transporta las tapas hasta el sitio del proyecto. Este diseño que inicialmente sirvió a ProAnde para la fabricación de lozas de letrina resulta de varios ensayos-errores hasta lograr tapas que resistan el transporte en camión por carreteras en mal estado hasta zonas lejanas. Cuando se llega al final de la carretera resulta fácil de trasladarlas rodándolas hasta el sitio de construcción del tanque. Disponer de tapas prefabricadas simplifica y acelera el proceso de construcción: un equipo de un albañil con 3 ayudantes de la comunidad necesita sólo 5 días para construir un tanque pequeño

³⁴ Ver Hasse, R. pp 28-30 en: *Rainwater Reservoirs above Ground Structures for Roof Catchment*. GATE – GTZ, Alemania, 1989.

³⁵ Ver Watt, S.B. pp 37 en: *Ferrocement Water Tanks and their Construction*. Intermediate Technology Publications, Londres, UK, 1978.

pudiendo además realizar otras actividades adicionales.

3.1.4 Resultados positivos

La aplicación de estos criterios simples de diseño, construcción y supervisión vuelven a los tanques de ferrocemento económicamente atractivos y permiten multiplicarlos en un mismo proyecto. Los criterios adoptados no han perjudicado la calidad y durabilidad de los tanques construidos. Desde 1997, cuando ProAnde introdujo el ferrocemento en sus proyectos hasta noviembre del 2001, ProAnde había construido 61 tanques de ferrocemento sin registrarse ninguna falla³⁶ y todos funcionando sin problemas hasta la fecha.

3.2 Tanques conectados a la línea de conducción

En muchos sistemas de abastecimiento de

agua por gravedad, la línea de conducción cruza sectores poblados por pequeños grupos de casas antes de llegar al centro poblado mayor. Es posible abastecer de agua estos poblados con pequeños tanques, siempre y cuando se resuelva el problema de su conexión a la línea de conducción.

La presión nula en la línea de conducción de flujo libre no permite llenar un tanque ubicado a su lado. La alternativa convencional consiste en construir una cámara de repartición que permita que parte del flujo se desvíe hacia el tanque y el resto siga en la conducción. Una solución mas simple consiste en ubicar al tanque en la prolongación de la conducción desviándola lateralmente con una "T" (Fig. A8).

Se observa que si la "T" se encuentra más arriba de la entrada al tanque y la presión en la conducción es nula, por su velocidad, el agua de la conducción siempre

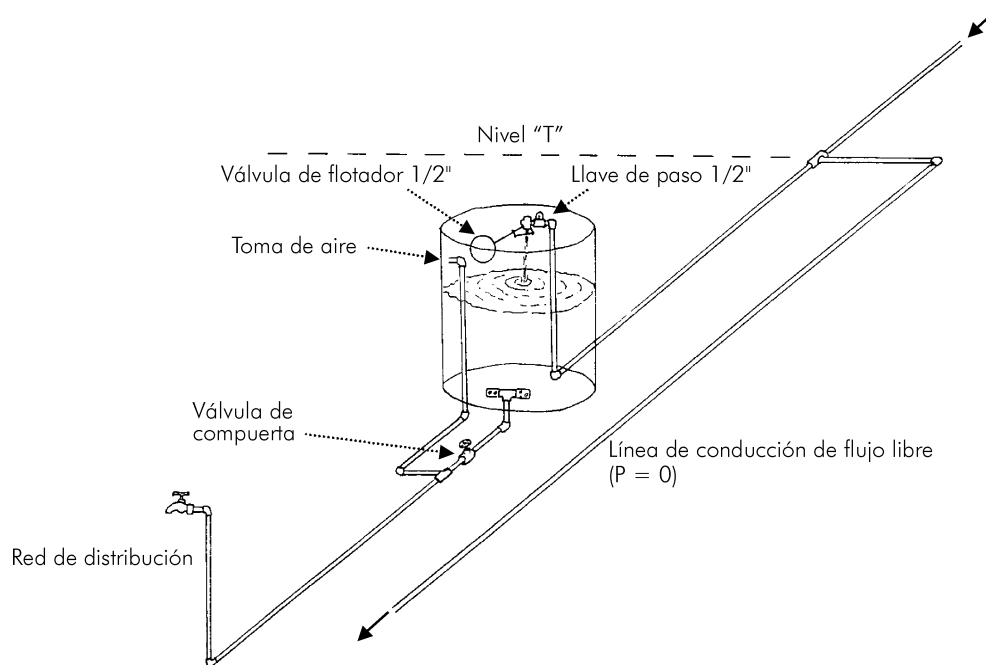


Fig. A8 - Tanque conectado a una línea de conducción de flujo libre

³⁶ Sólo aparecieron pequeñas grietas de contracción en la pared externa de los tanques expuestos a las heladas sin aparentes consecuencias para la estabilidad de los tanques. Ver Marinof, N. *Tanques de agua en ferrocemento. La experiencia de ProAnde*. pp 21-27 en: *Uso del ferrocemento, Bombas Manuales y Desinfección del Agua en el Área Rural del Perú*. Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial, Lima, 2000.

abastecerá primero al tanque. Para aprovechar el volumen de regulación del reservorio, se regula el caudal de entrada mediante una llave de paso y se coloca una válvula de flotador para que no rebose.

La ventaja de este dispositivo es eliminar la cámara de repartición, reduciendo los costos de inversión y O&M. Otra ventaja es que el dispositivo elimina el riesgo de contaminación externa. Este dispositivo ha sido utilizado en Rudiupampa, Poccontoy, Pulperia y Nueva Huylcayhua.

Un inconveniente es que si la válvula de flotador se daña, el agua podría perderse por el rebosadero del tanque. La Fig. A9 muestra un dispositivo que no requiere de una válvula de flotador y suprime este inconveniente, el agua que rebosa del tanque vuelve a la línea de conducción.

Sin embargo este dispositivo tiene como inconveniente que si el agua se contamina en el tanque, corre el riesgo de contaminar

al agua de la conducción. También se debe tener la seguridad que el flujo es libre en la conducción, de lo contrario la circulación del agua podría revertirse desde la conducción hacia el tanque, derramándose.

Para casas aisladas en laderas de fuerte pendiente, resulta más económico utilizar el dispositivo siguiente en vez de construir un tanque.

Si el caudal de la conducción es superior a 0,10 l/s, se puede conectar la pileta directamente a la línea de conducción. Si el caudal es menor o si hay varias casas dispersas, se puede añadir tubos de 2" como reserva de agua (Fig. A10).

Un dispositivo con 20m de tubos de 2" de clase 5 da una reserva de unos 46 litros de agua por un costo aproximativo de 20 dólares, o sea mucho más económico que un pequeño tanque. Si hay muchas casas aisladas, se puede colocar una llave de paso entre la "T" y el tubo reservorio regulándola

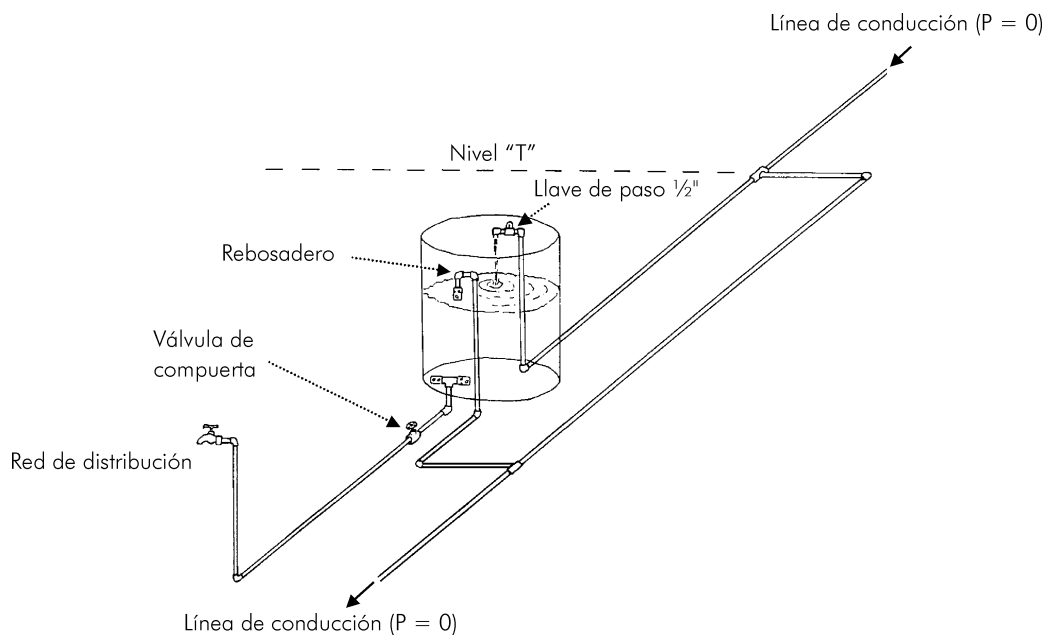


Fig. A9 - Tanque conectado a una línea de conducción de flujo libre alternativa sin válvula de flotador

de manera que se mantenga un caudal suficiente en la línea de conducción. Si es necesario se debe colocar una llave de purga en la base de la pileta.

3.3 Tanques abastecidos desde una red de distribución

En muchos sistemas de abastecimiento de agua por gravedad, existen pequeños grupos de casas ubicados en una posición topográfica mucho más baja que la red de distribución del centro poblado mayor. Es posible abastecer a estos poblados conectando una pequeña cámara de regulación a la red de distribución del centro poblado mayor (red de distribución "A") que suministra el caudal necesario a la población baja (red de distribución "B") mediante una línea de conducción de flujo libre (Fig. A11).

Aquí también la gran ventaja es suprimir las cámaras rompe presión entre la cámara de regulación y el tanque bajo. El sistema de Poccontoy y Orcconmarca tiene 2 líneas de

conducción similares con una desnivelación de hasta 235m entre cámara y tanque, evitando la construcción de 8 cámaras rompe presión con válvula de flotador.

El inconveniente de este sistema es que si el caudal de la conducción está mal regulado y excede el consumo de agua, se perderá bastante agua por el rebose del tanque. Sin embargo, en la práctica no se ha observado problemas de este tipo ya que los comuneros tienen experiencia y capacidad en manejo de agua.

3.4 Tanques rompe presión

Los sistemas convencionales generalmente comprenden un único reservorio de almacenamiento en la parte alta del pueblo desde donde alimenta la red de distribución que cuenta eventualmente con una o varias cámaras rompe presión.

Un inconveniente a este sistema es que por las variaciones horarias de consumo se

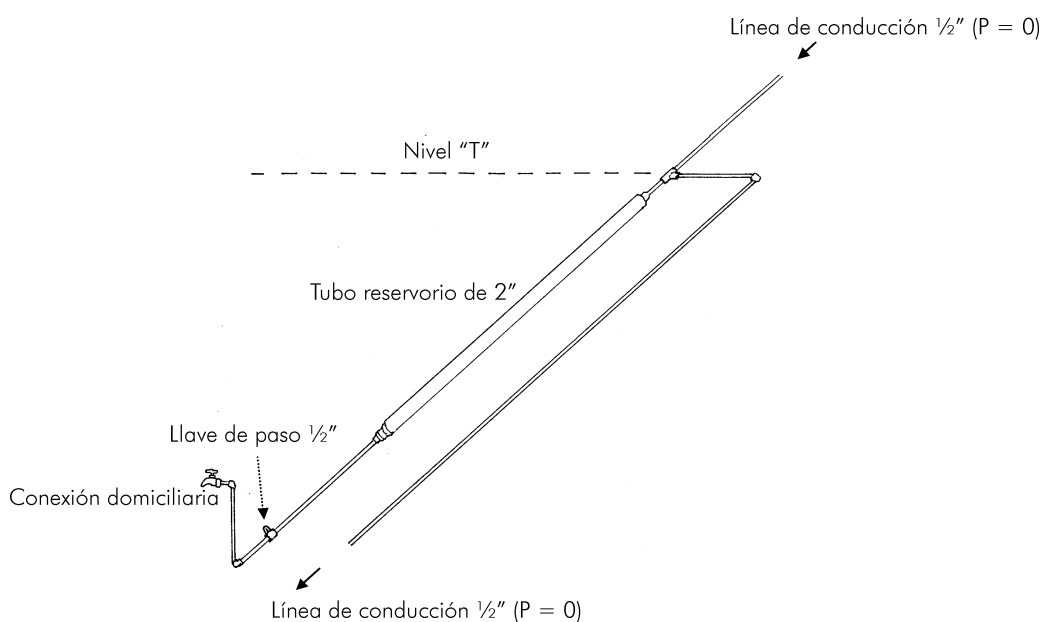


Fig. A10 - Conexión domiciliar conectada a una línea de conducción de flujo libre alternativa con tubo reservorio

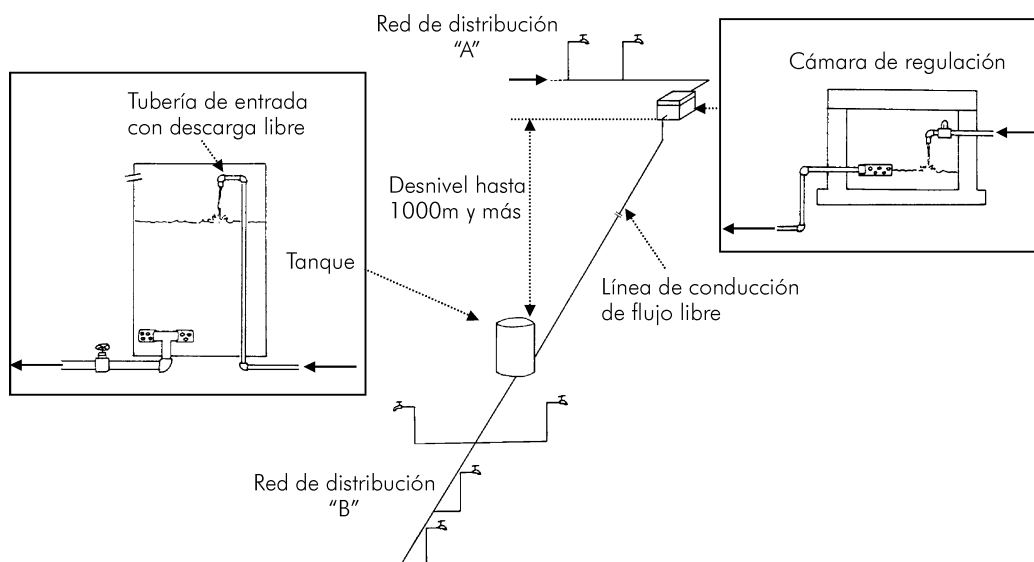


Fig. A11 - Abastecimiento de pequeños centros poblados ubicados en una posición topográfica mucho más baja a la de la red principal

requieren grandes diámetros de tubos para los conductos principales de la red de distribución en particular para las redes ramificadas tipo "espina de pescado".

Se puede reducir o eliminar este inconveniente fraccionando el volumen de regulación del tanque único, entre pequeños tanques ubicados en lugares estratégicos de la red.

Una aplicación bastante difundida de este principio consiste en construir pequeños tanques en diferentes lugares elevados de una red. La salida de los tanques ubicados en niveles topográficos inferiores al tanque de cabeza deberán ser equipados con válvulas *check* (o válvula de retención) para evitar que el agua rebose durante las horas de bajo consumo. Esta alternativa, sin embargo, conviene más a zonas poco accidentadas y no ha sido aplicada por ProAnde.

La alternativa desarrollada por ProAnde consiste en reemplazar las cámaras rompe presión convencionales por tanques cuya

entrada está provista de válvula de flotador de $\frac{1}{2}$ ", acumulando así las funciones de cámara rompe presión con la de tanque de regulación. El diseño de este tipo de tanque es similar al del tanque de la Fig. A8.

En la Fig. A12 se observa que:

- En los 2 sectores altos, los caudales máximos horarios serán más bajos en el sistema con tanques rompe presión lo que permite disminuir el diámetro de tubos utilizados para el conducto principal y accesorios para los conductos laterales ("T" y reducciones). La reducción puede ser hasta de 3 tamaños ($\frac{1}{2}$ " en vez de $1\frac{1}{2}$ " a la entrada de un tanque rompe presión) lo que genera ahorros significativos en costos de inversión y O&M.
- La entrada al tanque rompe presión será de $\frac{1}{2}$ "³⁷ -en vez de un diámetro a veces superior a 1"- necesitando una válvula de flotador de $\frac{1}{2}$ " similar a la de un inodoro, o sea de bajo costo (unos 4 dólares) y fácil de encontrar en cualquier ferretería si hay que reemplazarla.

³⁷ Para caudales de hasta 0,25 l/s; para caudales mayores se debe incrementar el tamaño de la válvula de flotador.

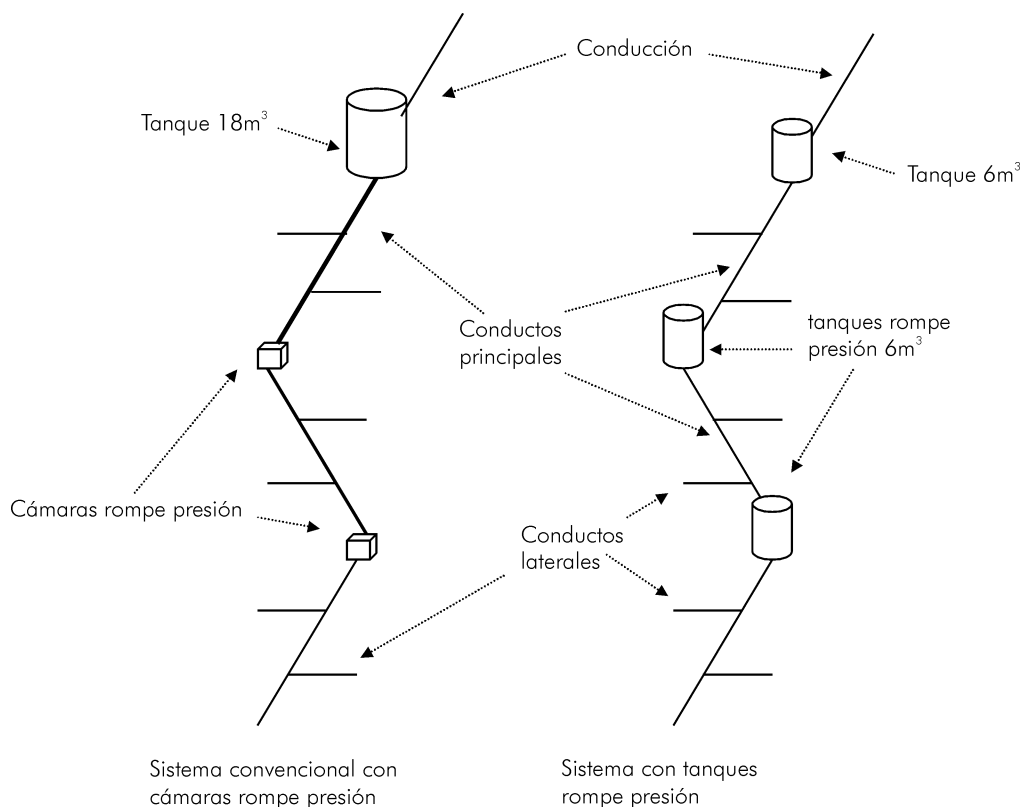


Fig. A12 - Comparación entre un sistema convencional con cámaras rompe presión y otro con tanques rompe presión

Si bien un diseño con tanques rompe presión no ha sido aplicado en el sistema de Poccontoy y Orconmarca, ProAnde lo utilizó con éxito desde 1999 para el abastecimiento de agua de varias comunidades de la provincia de Andahuaylas (Piscobamba, Ninamarca, Rumi-Rumi y Llantuyhuanca-Chaccamarca).

Una ventaja adicional es que si la válvula de flotador se malogra, el sistema seguirá funcionando a condición de regular la válvula de entrada del tanque rompe presión, de modo que se aproveche su volumen de regulación evitando que el agua se pierda en exceso por el rebose. Es imposible lograr esto con cámaras rompe presión convencionales: de no proceder al reemplazo de la válvula de flotador dañada, el operador del sistema tendría que abrir

totalmente la válvula de entrada de la cámara rompe presión durante las horas de consumo para volver a cerrarla el resto del tiempo, lo que volvería fastidiosa la operación del sistema y brindaría un mal servicio.

Desarrollando la idea anterior, sería posible prescindir totalmente de válvulas de flotador en sistemas por gravedad, a condición de aumentar el volumen de regulación de los tanques rompe presión o el caudal de la fuente de agua de manera que sea admisible una pérdida limitada de agua por el rebose de los tanques rompe presión.

Esta última propuesta está siendo validada por ProAnde en la Comunidad de Mulacancha y no caben dudas que facilitará mucho la Administración y O&M de

pequeños sistemas en zonas rurales aisladas.

3.5 Sectorización de la comunidad

En comunidades dispersas en laderas de fuerte pendiente donde existen pequeños manantiales diseminados en la zona habitada, puede ser ventajoso sectorizar la comunidad en subsistemas independientes constituidos cada uno por la captación de uno o más manantiales, un tanque, eventualmente tanques rompe presión y la red de distribución.

ProAnde construyó un sistema así en la comunidad de Llantuyhuanca-Chaccamarca³⁸ ubicada en la margen derecha del valle del Río Chumbao cerca de Talavera. Las viviendas están dispersas en un área de aproximadamente 200 hectáreas, con una densidad máxima de 10 viviendas por hectárea (ver Fig. A13).

Antes de la intervención, el abastecimiento de agua se hacía por canales de tierra o pequeños sistemas por gravedad diseñados y construidos por los mismos usuarios, resultando un servicio deficiente.

El nuevo sistema está constituido de 10 subsistemas independientes que abastecen a grupos de usuarios desde 11 familias (Pacchi) hasta 77 familias (Llantuyhuanca). Se captaron 12 manantiales con caudales variando de 0,15 hasta 0,45 l/s sumando un total de 3,05 l/s. Los 10 subsistemas comprenden 16 sectores servidos cada uno por un tanque o un tanque rompe presión.

Dos sectores de la parte alta de la comunidad -Monteccata con 35 familias y

Oscollpampa con 15 familias- decidieron conservar sus sistemas antiguos de abastecimiento de agua por gravedad los cuales no están representados en el plano.

Este diseño complejo puede parecer incomprensible a primera vista. Una alternativa más lógica hubiera consistido en dividir la comunidad en 7 franjas topográficas delimitadas por curvas de nivel de equidistancia 50m, constituyendo sectores servidos cada uno por un tanque o un tanque rompe presión. Sin embargo, esta alternativa hubiera requerido disponer de una fuente de agua con suficiente caudal, ubicada en los altos de la comunidad lo que no era factible considerando que en el valle del Chumbao la casi totalidad de las fuentes de agua existentes, son utilizadas para riego o consumo doméstico, y las tentativas para modificar el padrón de uso tradicional del agua fueron el origen de serios conflictos.

El diseño finalmente adoptado fue el fruto de largas negociaciones entre los pobladores de los diferentes barrios de la comunidad ansiosos de conservar el uso de su fuente tradicional de agua y el ingeniero de ProAnde, por su parte, preocupado de controlar los costos y respetar sus criterios de diseño³⁹ a fin de no comprometer la sostenibilidad técnica del nuevo sistema.

Este diseño permite respetar el sistema tradicional de abastecimiento de agua, factor importante para la sostenibilidad del proyecto, ilustrando de manera original el principio PHAST según el cual *"la manera más efectiva para lograr mejoras sostenibles es a través de un enfoque progresivo, partiendo de la situación existente en una comunidad para construir cambios"*.⁴⁰

³⁸ 344 familias o sea unos 1720 habitantes. El proyecto se desarrolló entre junio del 2000 y octubre del 2001.

³⁹ Criterios descritos en el estudio de caso de Poccontoy Orconmarca y en el Apéndice A.

⁴⁰ OMS, PNUD-BM-Programa de Agua y Saneamiento. *Iniciativa PHAST: Transformación Participativa para la Higiene y el Saneamiento, Un nuevo Enfoque para el Trabajo Comunitario*. Ginebra, 1996.

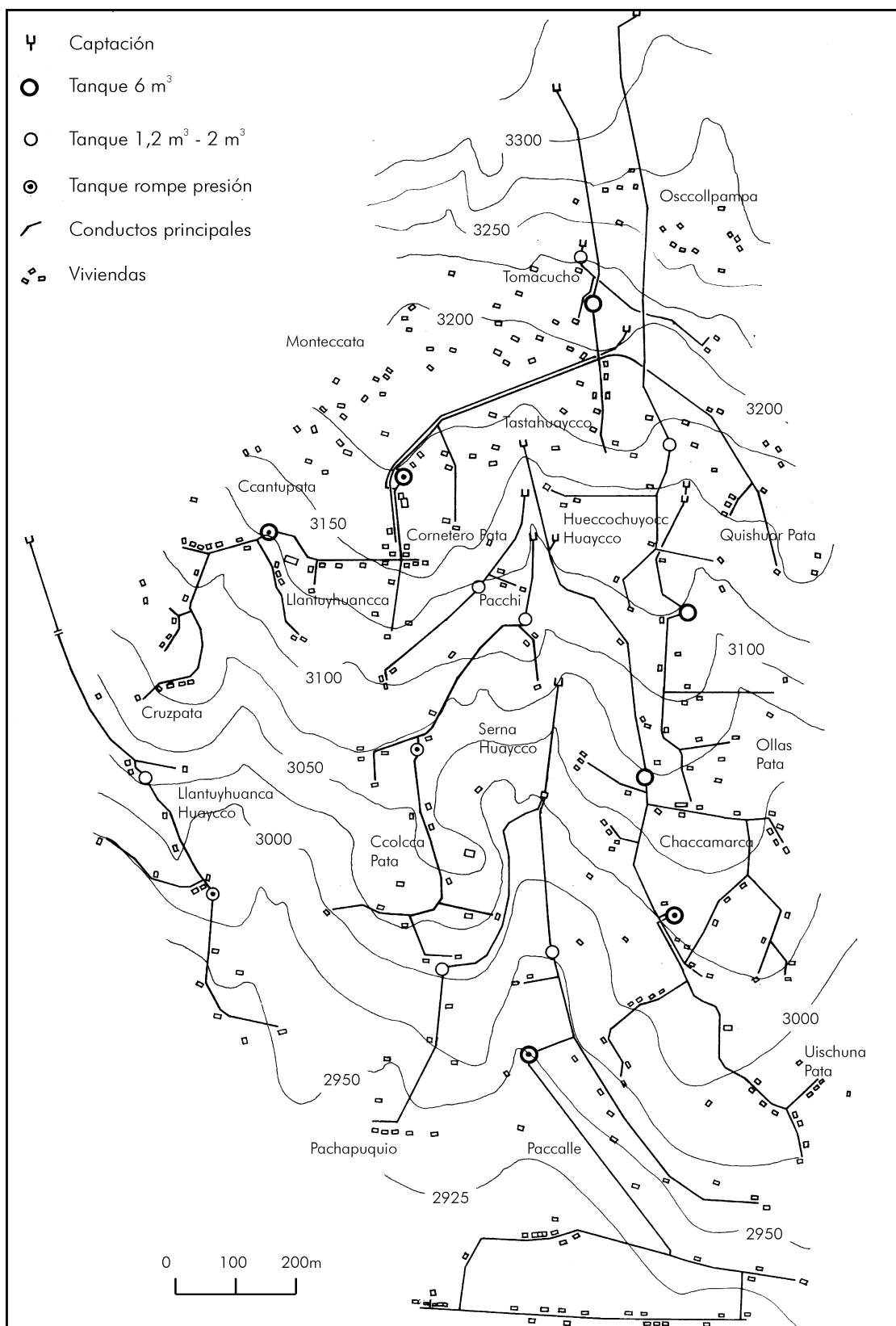


Fig. A13 - Sistema de abastecimiento de agua de la Comunidad de Llantuyhuanca - Chaccamarca

Otras ventajas de este diseño en comparación con un sistema tradicional son: (a) la eliminación de las cámaras rompe presión, (b) la disminución de los caudales máximos horarios que permite el uso de tuberías de pequeños diámetros⁴¹ y (c) la disminución de la longitud de las conducciones. El ahorro resultante es mayor que el incremento de costo debido a la multiplicación de las captaciones y tanques.

Para participar en la planificación y diseño del sistema la comunidad se organizó en 2 juntas: una para el sector Llantuyhuancca y otra para el sector Chaccamarca. A medida que se iban definiendo los 10 subsistemas de abastecimiento de agua, los comuneros crearon Comités de Agua y Saneamiento en cada subsistema para organizar las labores de construcción.

Una vez concluida las labores, la comunidad decidió nombrar a una JASS única, delegando por estatuto la mayoría de sus funciones a los 10 Comités de Agua y Saneamiento (CAS) responsable cada uno de la Administración, O&M de su sector. Sin embargo la JASS conserva varias funciones como la de representación de todos los usuarios ante otros organismos, el pago anual del canon del agua al INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales) o la supervisión de las labores de los CAS.

Los usuarios de cada subsistema eligen a un consejo directivo de 3 miembros para su CAS y aprueban su propio reglamento.

4. Replicabilidad

En base a esta experiencia se propone como campo de aplicación de estas tecnologías a comunidades con las siguientes características.

A) Características demográficas y socio-económicas

- Poblaciones rurales dispersas o pequeños núcleos poblacionales diseminados en un área grande.
- Poblaciones con bajos recursos económicos y con un nivel de organización mediano a alto.
- Zonas donde hay conflictos por el agua considerando la versatilidad de las tecnologías para satisfacer las necesidades de cada pequeño grupo de usuarios sin marginar a nadie.
- Comunidades medianas y grandes de características similares donde existe un sistema de abastecimiento de agua que requiere ser mejorado, ampliado o rehabilitado.

B) Características físicas

- Para áreas de topografía accidentada con recursos hídricos tales que permitan el diseño de sistemas de abastecimiento de agua por gravedad.
- Es preferible la existencia de fuentes de agua de buena calidad (manantiales) considerando la dificultad de realizar la cloración en un sistema descentralizado con muchos reservorios.

⁴¹ En total, se utilizó 485m de tubos de 2", 945m de 1. 1/2", 5.335m de 1", 6.185m de 3/4" y 9.840m de 1/2".

APÉNDICE B

Protección de manantial

Una buena protección de manantial es esencial para preservar la calidad del agua. Una protección efectiva no debe permitir que aguas superficiales -susceptibles de estar contaminadas- lleguen y se infiltren a proximidad del manantial cuyas aguas deben ser aisladas del medio exterior mediante una cámara de captación cerrada que no permita el ingreso de aguas de lluvia o aguas superficiales.

La Fig. B1 muestra los elementos esenciales para una protección efectiva. En la práctica a veces es difícil lograrla, por ejemplo son frecuentes los caminos que convergen hacia el manante y es difícil lograr que los comuneros dejen de usarlos. Si no hay materiales adecuados disponibles cerca, a veces se hace el cerco demasiado pequeño.

La educación sanitaria es fundamental para concientizar a los comuneros de la importancia de establecer una zona protegida alrededor de sus manantiales, de respetarla y conservarla.

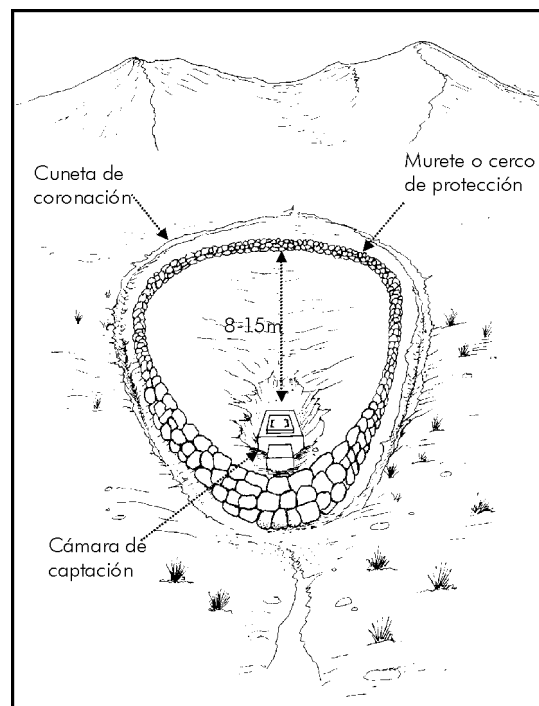
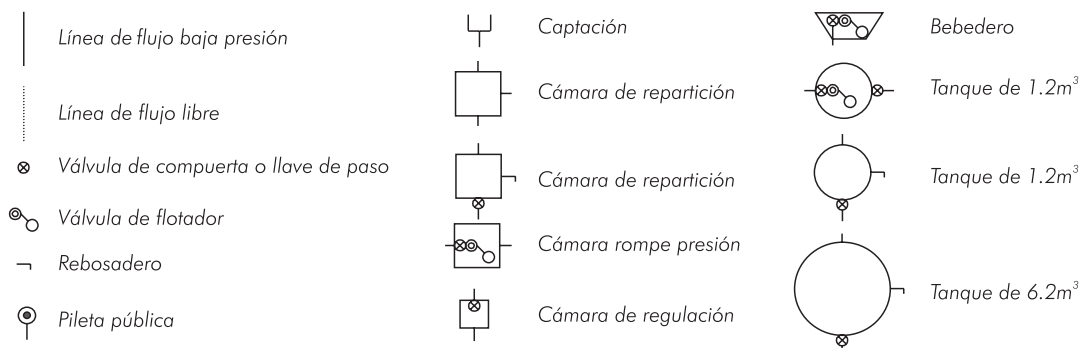
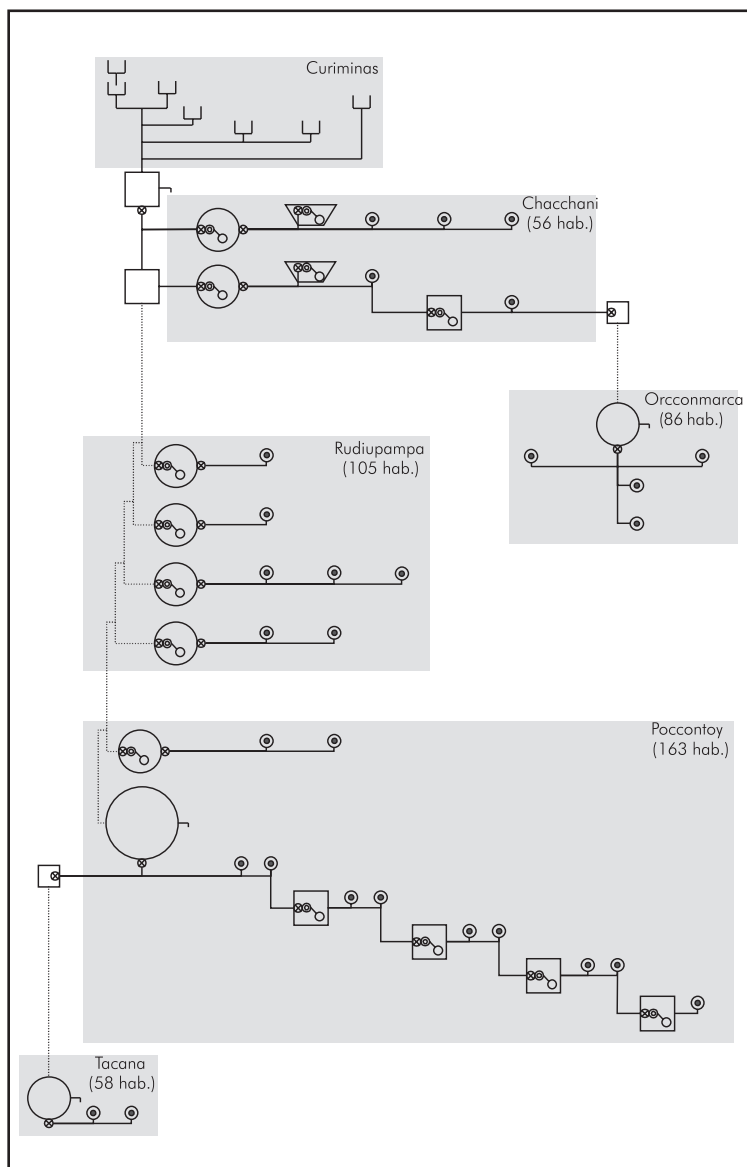


Fig. B1 - Protección de manantial

APÉNDICE C

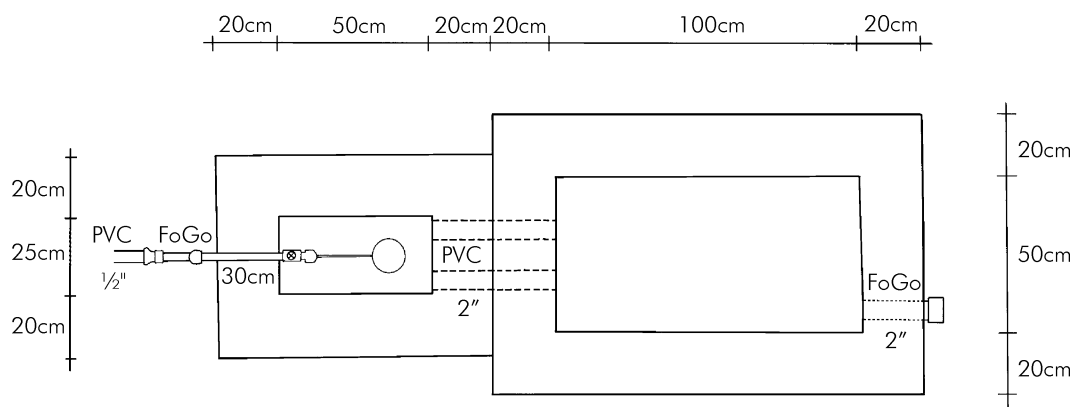
Esquema hidráulico del sistema



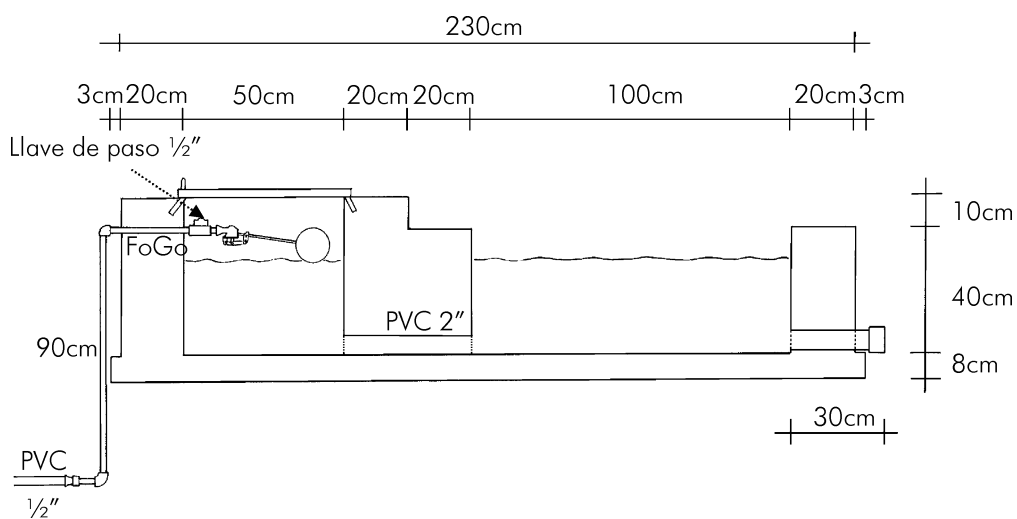
APÉNDICE D

Planos

BEBEDEROS

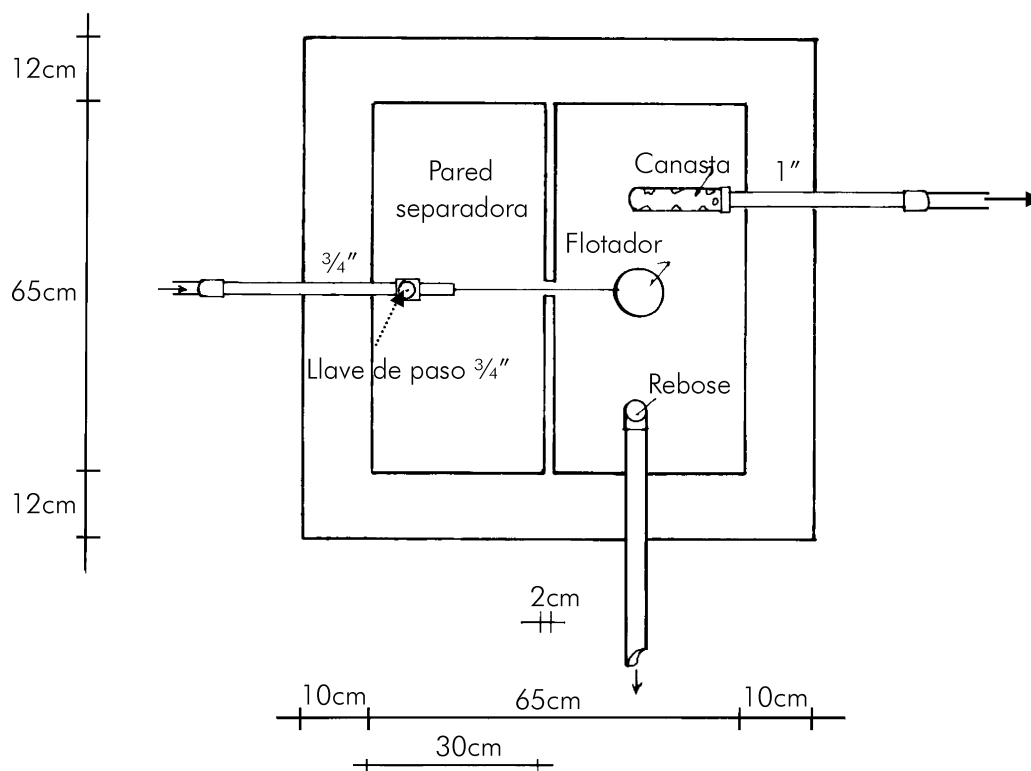


PLANTA

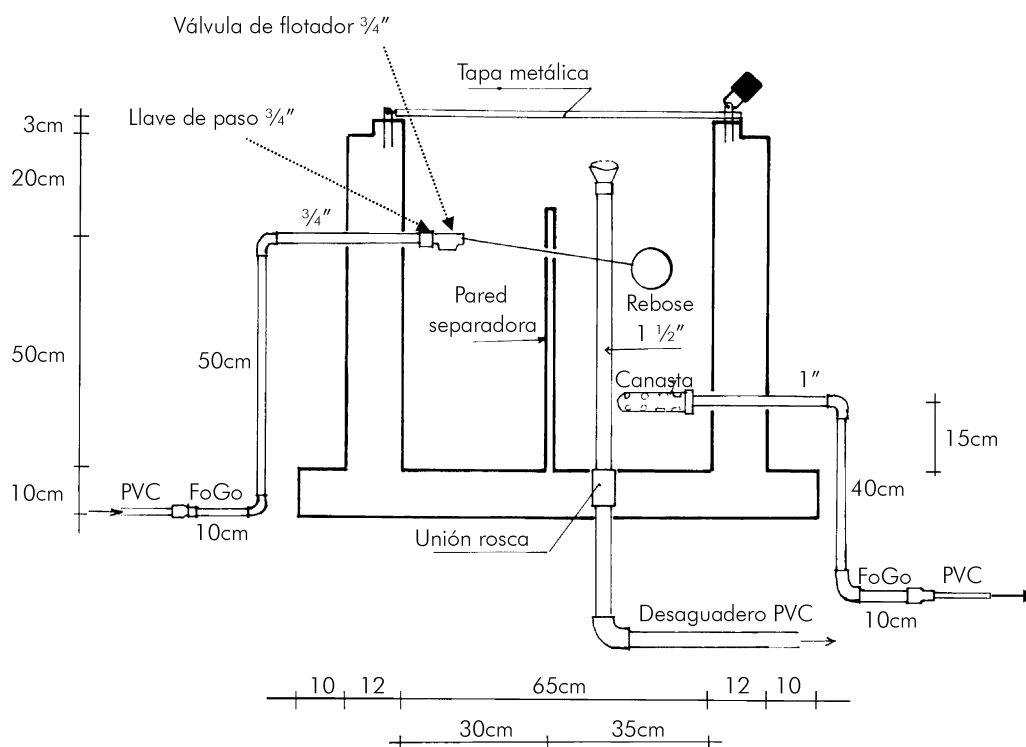


CORTE LONGITUDINAL

CÁMARA ROMPE PRESIÓN CON VÁLVULA DE FLOTADOR 3/4"

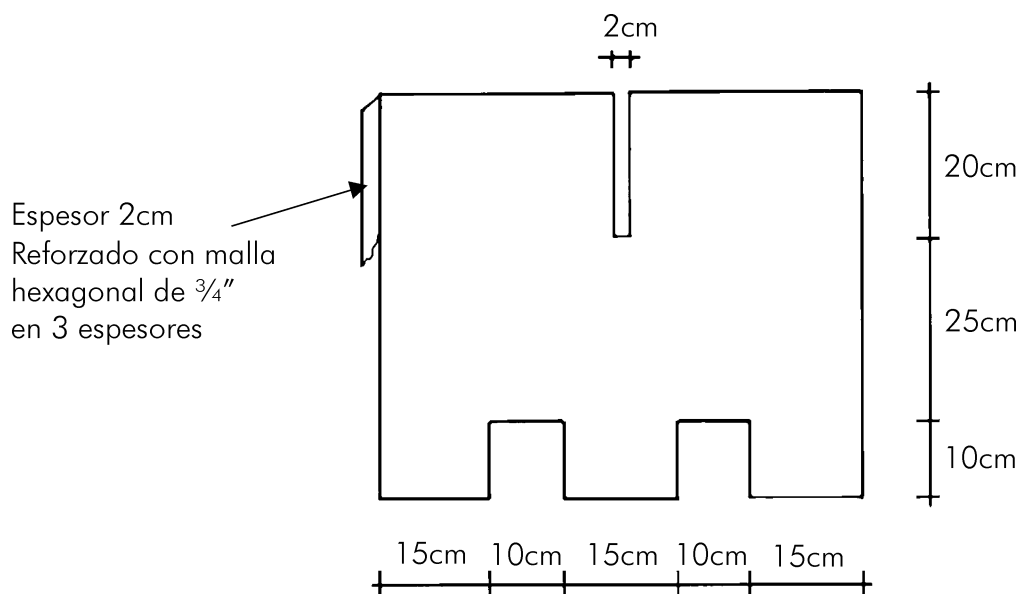


PLANTA



CORTE LONGITUDINAL

PARED SEPARADORA CÁMARA ROMPE PRESIÓN



PLANTA

Lista de personas entrevistadas

Tomasa Buleje	Comunera de Chacchani	26 de Enero del 2000
Jesús Ccepaya	Comunero de Chacchani	26 de Enero del 2000
Eugenio Huamán	Comunero de Chacchani	26 de Enero del 2000
Eugenio Huamán	Comunero de Chacchani	17 de Abril del 2000
Victor Centeno	Comunero de Chacchani	17 de Abril del 2000
Paulino Ccepaya	Autoridad de Chacchani	26 de Enero del 2000
Cipriana Buleje	Comunera de Orconmarca	26 de Enero del 2000
Felipe Ccepaya	Comunero de Orconmarca	26 de Enero del 2000
Justo Huamán	Comunero de Orconmarca	26 de Enero del 2000
Jorge Huamán	Comunero de Orconmarca	26 de Enero del 2000
Teófilo Granados	Autoridad de Orconmarca	28 de Enero del 2000
Teófilo Granados	Autoridad de Orconmarca	17 de Abril del 2000
Rubén Vargas	Autoridad de Orconmarca	26 de Enero del 2000
Mercedes Loayza	Comunera de Poccontoy	27 de Enero del 2000
Natalia Oscco	Comunera de Poccontoy	26 de Enero del 2000
Victor Quispe	Comunera de Poccontoy	27 de Enero del 2000
Máximo Vargas	Comunera de Poccontoy	27 de Enero del 2000
Rosalío Ccepaya	Autoridad de Poccontoy	27 de Enero del 2000
Armando Vargas	Autoridad de Poccontoy	26 de Enero del 2000
Segundina Cárdenas	Comunera de Rudiupampa	26 de Enero del 2000
Teresa Centeno	Comunera de Rudiupampa	26 de Enero del 2000
Oscar Gutiérrez	Comunero de Rudiupampa	26 de Enero del 2000
Alejandro Mendoza	Comunero de Rudiupampa	26 de Enero del 2000
Mario Alcarraz	Autoridad de Rudiupampa	26 de Enero del 2000
Cirilo Ccepaya	Comunero de Tacana	27 de Enero del 2000
Edgar Loayza	Comunero de Tacana	27 de Enero del 2000
Teófilo Gutiérrez	Comunero de Tacana	27 de Enero del 2000
Teófilo Gutiérrez	Comunero de Tacana	19 de Septie.del 2000
Maximiliana Romero	Comunera de Tacana	27 de Enero del 2000
Emilio Loayza	Autoridad de Tacana	26 de Enero del 2000
Nilo Taipe	Maestro de Obras	30 de Junio del 2000
Grupo Focal de Mujeres	Chacchani	27 de Enero del 2000
Grupo Focal de Mujeres	Orconamarca	28 de Enero del 2000
Grupo Focal de Mujeres	Poccontoy	27 de Enero del 2000
Grupo Focal de Mujeres	Rudiupampa	27 de Enero del 2000
Grupo Focal de Mujeres	Tacana	27 de Enero del 2000

Referencias Bibliográficas

ACI. *State-of-the-Art Report on Ferrocement*. Reported by ACI Comité 549, Publication ACI 549.R-93, American Concrete Institute, Detroit, Michigan, USA.

DIGESA. *Proyectos de Abastecimiento de Agua y Saneamiento para poblaciones Rurales y Urbano Marginales*. En: *Compendio de Normas sobre Saneamiento. Volumen II: Normas Técnicas* Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, Lima, enero 1994.

Hasse, R. *Rainwater Reservoirs above Ground Structures for Roof Catchment*. GATE - GTZ, Alemania, 1989.

Hofkes, E.H. *Small Community Water Supplies: technology of small water systems in developing countries*. IRC, The Netherlands, 1983.

Ibarra, C. *Tecnologías apropiadas Diseño y Construcción de Tanques de Ferrocemento*. Programa de Agua y Saneamiento PNUD - Banco Mundial, Quito, 1999.

Jordan T.D. *A Handbook of Gravity-Flow Water Systems for Small Communities*. Intermediate Technology publications, London, 1980.

Marinof, N. *Tanques de agua con ferrocemento. La experiencia de ProAnde*. pp 21-27 en: *Uso del ferrocemento Bombas Manuales y Desinfección del Agua en el Área Rural del Perú*. Programa de Agua y Saneamiento PNUD - Banco Mundial, Lima, 2000.

Marinof N., Pesantes M.A., Samanez C., Centurión C. *Metodologías participativas en educación sanitaria. Una adaptación de PHAST para comunidades*

rurales andinas del Perú. Lima, 2001.

Narkevic, J. *An improved break-pressure tank for rural water supply.* pp12-13 in: *Waterlines* Vol.11 No2 UK, October 1992.

OMS, PNUD-BM-Programa de Agua y Saneamiento. *Iniciativa PHAST: Transformación Participativa para la Higiene y el Saneamiento. Un nuevo Enfoque para el Trabajo Comunitario.* Ginebra, 1996.

OPS/CEPIS. *Estudio de la Calidad del Agua en Sistemas de Abastecimiento Rural Departamentos de Ancash, Apurímac, Cajamarca y Cuzco.* Lima, 1999.

PRES - Vice Ministerio de Infraestructura, Ministerio de la Presidencia, Programa de Agua y saneamiento del Banco Mundial.

Propuesta de normas de diseño para infraestructura de servicios de agua y saneamiento en el área rural. Lima, abril del 2000.

Programa de Agua y Saneamiento PNUD - Banco Mundial. *Perú: Lineamientos para un Programa Nacional de Agua y Saneamiento Rural.* Lima, 1998.

Skinner, B. *Ferrocement water storage tanks.* Paper presented at 21st WEDC Conference Sustainability of Water and Sanitation Systems. Kampala, Uganda, 1995.

Watt, S.B. *Ferrocement Water Tanks and their Construction.* Intermediate Technology Publications, Londres, 1978.

Diseño e Impresión: Impresos Aguilar S.R.L
Teléfono: 265-0871 Telefax: 470-1727
Jr. Juan Castro 514 - 516
Balconcillo, La Victoria
Fotos: Nicolas Marinof
Tirada: 1000 ejemplares

