



Ingeniería  
Sin Fronteras



# Tecnología para el DESARROLLO HUMANO en los Andes

---

Enfoques, Procesos y Sistemas

Pau Lillo (Coordinador)

**ISF, GRUFIDES, 2013. Tecnología para el Desarrollo Humano en los Andes Cajamarca, Perú.**

Esta publicación ha sido realizada en el marco del proyecto: "La economía solidaria: un modelo para el desarrollo local y la gestión ambiental concertados en la cuenca del río Crisnejas, Distrito de Ichocán, Departamento de Cajamarca, Perú", financiado por el Gobierno de Navarra y la Diputación de Barcelona y ejecutado por Ingeniería Sin Fronteras y GRUFIDES.

**Autores:** Pau Lillo, Álvaro Fernández-Baldor, Benito Ramírez, Jorge Rodríguez, Katherine Carranza, María Carrera, Marta García, Gerard Valls, Javier Allanegui, Laia Ferrer, Bruno Domenech, Eduardo Dallo, CARE-COSUDE.

**Edición y Revisión de Estilo:** Laura Lucio González

**Fotografías:** Ingeniería Sin Fronteras, Soluciones Prácticas, CARE – COSUDE.

**Diseño, Maquetación:** Acosta Publicidad y Creatividad  
Jr. Bolívar N° 363, Cajamarca.

**Edita: Associació Catalana D'Enginyeria Sense Fronteres**

RUC: 20496046294

Jr. Cruz de Piedra N° 441, Cajamarca(Perú).

c/Murcia , 24 bajos, 08027, Barcelona (España).

contacta@esf-cat.org

www.isf.es

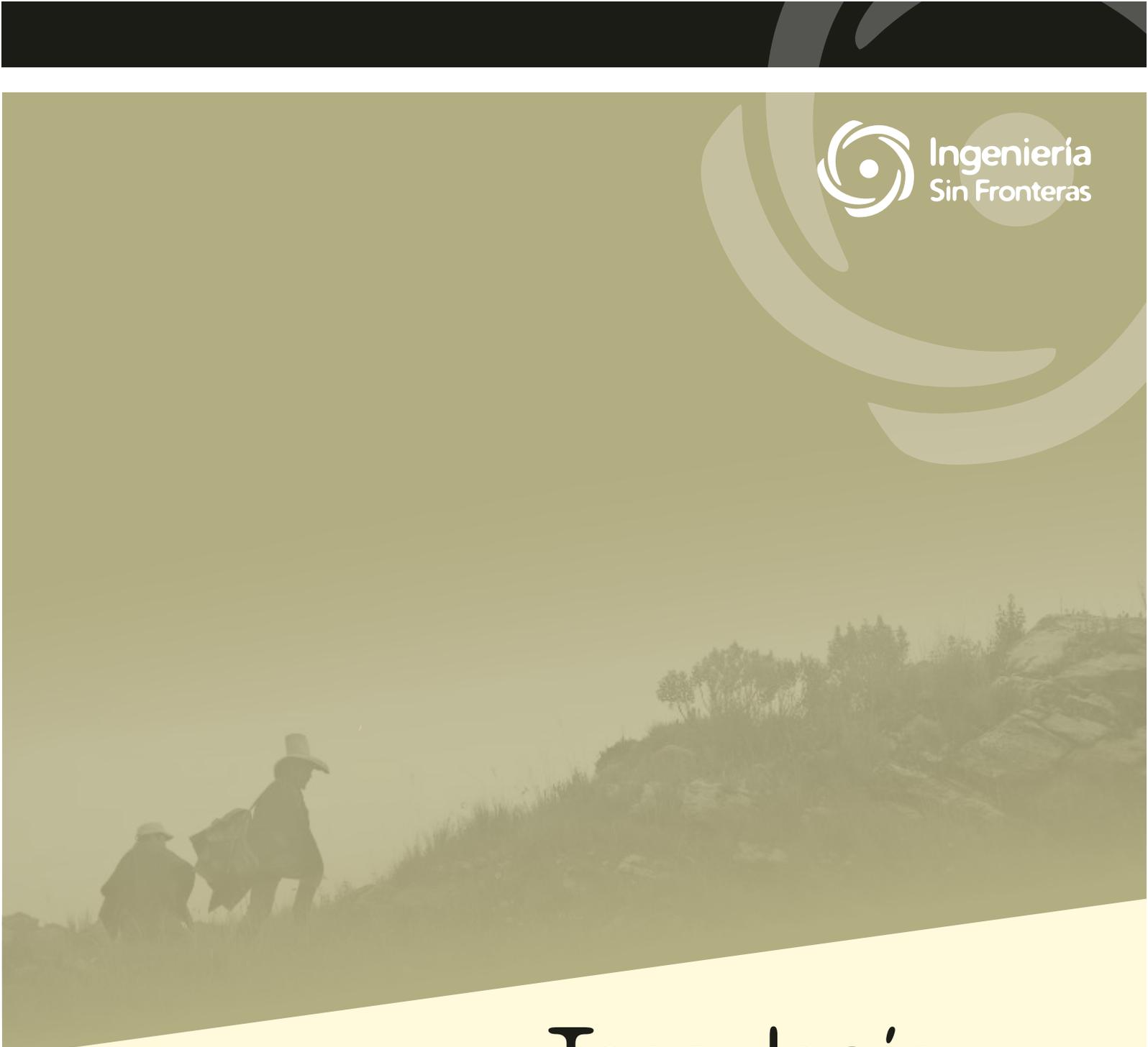
Primera edición. Cajamarca, Perú. Marzo, 2013

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-03906

ISBN N° 978-612-46658-0-6

Impresión: Acosta Publicidad y Creatividad  
Jr. Bolívar N° 363, Cajamarca.

Impreso en Perú. Printed in Peru



# Tecnología para el DESARROLLO HUMANO en los Andes

---

Enfoques, Procesos y Sistemas

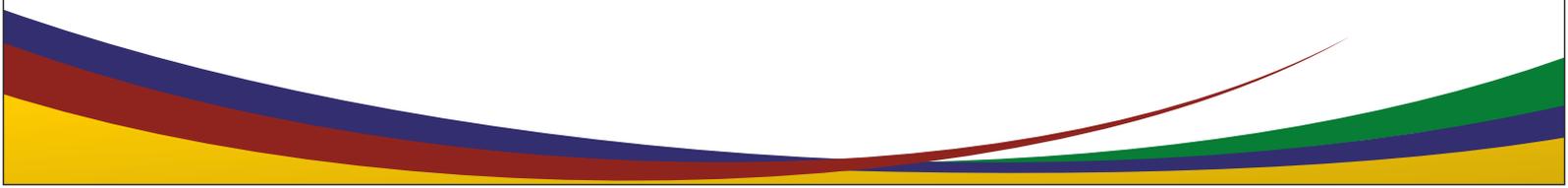
Pau Lillo (Coordinador)

# INDICE

<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>1</b>
<b>PROYECTOS TECNOLÓGICOS EN EL ÁMBITO RURAL</b>	
I. TECNOLOGÍAS APROPIADAS: RESCATANDO UNA VISIÓN DE LA TECNOLOGÍA EN PRO DEL DESARROLLO HUMANO	<b>3</b>
1.1 Tecnologías apropiadas	<b>3</b>
1.2 Tecnología y Desarrollo	<b>3</b>
1.3 Tecnologías apropiadas en pro del desarrollo humano	<b>6</b>
II. LOS PROYECTOS TECNOLÓGICOS COMO ELEMENTO TRANSFORMADOR	<b>8</b>
2.1 Importancia de la inclusión del enfoque participativo y de género en el proceso del proyecto.	<b>8</b>
2.2 Importancia de la gestión comunitaria de los proyectos tecnológicos	<b>12</b>
2.3 Factores claves que influyen en la gestión de servicios básicos en poblaciones rurales altoandinas.	<b>14</b>
PARA SABER MÁS	<b>19</b>
<b>ELECTRIFICACIÓN RURAL CON ENERGÍAS RENOVABLES A PEQUEÑA ESCALA</b>	
I. LAS ENERGÍAS RENOVABLES COMO ALTERNATIVA PARA LA ELECTRIFICACIÓN RURAL	<b>21</b>
II. ENFOQUE DE GÉNERO EN PROYECTOS ENERGÉTICOS	<b>24</b>
III. ALTERNATIVAS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL ÁMBITO RURAL	<b>26</b>
3.1 Microcentrales Hidroeléctricas	<b>26</b>
3.2 Sistemas Solares Fotovoltaicos	<b>32</b>
3.3 Sistemas Eólicos	<b>39</b>
3.4 Sistemas Híbridos	<b>47</b>
IV. MODELO DE GESTIÓN DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS RURALES	<b>48</b>
PARA SABER MÁS	<b>53</b>
<b>SISTEMAS DE AGUA Y SANEAMIENTO</b>	
I. AGUA, SANEAMIENTO Y DESARROLLO	<b>55</b>
II. ENFOQUE DE GÉNERO EN PROYECTOS DE AGUA Y SANEAMIENTO	<b>59</b>
III. Alternativas para la construcción de sistemas de Agua y Saneamiento	<b>60</b>
3.1 Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano	<b>60</b>
3.1.1 Sistema de abastecimiento de agua por gravedad sin planta tratamiento, con manantial de ladera.	<b>62</b>
3.2 Sistemas de Saneamiento Básico	<b>83</b>
3.2.1 Sistemas solares térmicos	<b>83</b>
3.2.2 Letrina de hoyo seco ventilado	<b>90</b>
3.2.3 Baño ecológico seco	<b>94</b>
3.2.4 Letrina de arrastre hidráulico	<b>99</b>
3.2.5 Biofiltros domiciliarios	<b>104</b>
IV. EDUCACIÓN SANITARIA	<b>109</b>
V. MODELO DE GESTIÓN DE LOS SISTEMAS DE AGUA Y SANEAMIENTO	<b>110</b>
PARA SABER MÁS	<b>117</b>
<b>MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA RURAL</b>	
I. ENFOQUE DE GÉNERO EN EL MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA RURAL	<b>120</b>
II. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA RURAL	<b>120</b>
2.1 Cocinas mejoradas	<b>120</b>
2.2 Biodigestores tubulares unifamiliares a más de 2.000 m.s.n.m.	<b>129</b>
2.3 Muros Trombe	<b>135</b>
III. MODELO DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA	<b>142</b>
PARA SABER MÁS	<b>143</b>

## **CASOS DE ESTUDIO**

I. ELECTRIFICACIÓN RURAL CON ENERGÍAS RENOVABLES EN LA COMUNIDAD DE ALTO PERÚ	145
1.1 Introducción	145
1.2 Breve diagnóstico socioeconómico	145
1.3 Evaluación de los recursos energéticos disponibles	146
1.4 Análisis de la demanda energética	147
1.5 Descripción de los sistemas seleccionados	147
1.6 Modelo de gestión	149
1.7 Lecciones aprendidas y recomendaciones	151
II. PROYECTO INTEGRAL DE ACCESO A SERVICIOS BÁSICOS Y MEJORA DE LA CALIDAD DE VIDA DE LAS FAMILIAS DE LA COMUNIDAD PUCARÁ	153
2.1 Introducción	153
2.2 Breve diagnóstico socioeconómico	153
2.3 Descripción de los sistemas instalados	154
2.4 Modelo de gestión	161
2.5 Lecciones aprendidas y recomendaciones	168
III. ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN EN CAPITALES DISTRITALES RURALES CON MENOS DE 2000 HABITANTES	169
3.1 Proceso desarrollado en la intervención en CCR	169
3.2 Costos de la intervención en CCR	172
3.3 Resultados	173
3.4 Lecciones aprendidas y recomendaciones	174



# PRESENTACIÓN

Las Tecnologías para el Desarrollo Humano han demostrado ser una herramienta poderosa para transformar la realidad de millones de personas que viven bajo el umbral de la pobreza, especialmente, aquellas que habitan en ámbitos rurales. No obstante, existe un gran número de proyectos tecnológicos desarrollados que han fracasado o han tenido impactos muy reducidos sobre la vida de las personas. Esto se ha debido, en su mayor parte, al empleo de un enfoque de desarrollo inadecuado, excesivamente centrado en el ámbito tecnológico. Por ello, es necesario ampliar la mirada y centrarla en las personas, no en los recursos, entendiendo el desarrollo como un proceso de ampliación de las libertades, de equilibrio de estructuras sociales, de mejora de la participación y empoderamiento individual y colectivo. Este enfoque debe ser empleado en los proyectos tecnológicos, maximizando su potencial transformador, para lo cual debe hacerse especial hincapié en el proceso de los proyectos, no solo en el resultado de los mismos.

En base a estas reflexiones, el objetivo de esta publicación es servir como herramienta de difusión de las Tecnologías para el Desarrollo Humano, frente a otro tipo de enfoques tecnológicos, como mecanismo de fortalecimiento del proceso de desarrollo de las comunidades rurales, centrándose especialmente en el ámbito altoandino. Para ello, este documento recoge la amplia experiencia de Ingeniería Sin Fronteras, junto con las ONGs locales Soluciones Prácticas y GRUFIDES, en este tipo de proyectos en la región Cajamarca, situada en la sierra norte del Perú y está orientada a un amplio abanico de lectores:

- ONGs que lleven a cabo su labor en el campo del desarrollo rural, especialmente aquellas que trabajan en el ámbito altoandino, que puedan fortalecer sus procesos de aprendizaje a partir de las experiencias descritas e implementar total o parcialmente algunas de las propuestas y recomendaciones presentes en este libro.
- Líderes comunales, que puedan reflexionar sobre los procesos sociales que tienen lugar en las poblaciones rurales que representan, dotándolos de distintas herramientas que les permitan definir nuevas estrategias locales de desarrollo.
- Responsables políticos de los gobiernos nacionales y subnacionales, como mecanismo de sensibilización e incidencia en pro del fomento de proyectos públicos que incorporen este tipo de tecnologías en las áreas de su competencia.
- Ámbito académico, tanto en países del Sur como del Norte, para que puedan definirse nuevos procesos de investigación y desarrollo en este tipo de tecnologías, de forma que puedan realizarse innovaciones técnicas de relevancia que mejoren la rentabilidad, sostenibilidad, facilidad de montaje, etc. y faciliten su dispersión.





# Proyectos Tecnológicos en el ámbito rural



**Pau Lillo**  
**Álvaro Fernández-Baldor**  
**Benito Ramírez**

## TECNOLOGÍAS APROPIADAS: RESCATANDO UNA VISIÓN DE LA TECNOLOGÍA EN PRO DEL DESARROLLO HUMANO

La tecnología desempeña un rol clave en el bienestar humano, desde las tecnologías de las comunicaciones que nos permiten estar más cerca de las personas, hasta los sistemas de potabilización que nos proporcionan agua segura para el consumo humano. Sin embargo, trasladar los beneficios de la tecnología a la sociedad no es tarea sencilla. Tampoco la aplicación de la tecnología a la cooperación al desarrollo ha sido siempre exitosa, ni la visión que se ha tenido sobre la misma ha sido siempre igual, sino que ha ido evolucionando en el tiempo, normalmente ligada a una visión concreta del desarrollo y de cambio social.

En este capítulo se analizan los vínculos entre la tecnología y el desarrollo. Para ello, se mostrará la aplicabilidad que se le ha otorgado a la tecnología en función de la visión del desarrollo predominante en cada momento histórico de las últimas décadas. Rescataremos, por último, el papel transformador que pueden jugar las tecnologías apropiadas en pro del desarrollo humano y la lucha contra las desigualdades.

### 1.1 Tecnologías apropiadas

Cuando pensamos en 'tecnologías apropiadas' lo primero que nos viene a la mente es una tecnología adaptada a un contexto y, efectivamente, la esencia del concepto radica en asumir que la tecnología no es aplicable a cualquier lugar, sino que depende del contexto socio-técnico (coste, condiciones geográficas y climatológicas, aceptación por parte de los usuarios, necesidades de formación, etc.).

En cambio, el origen del concepto de tecnología apropiada tiene también un componente político y de cambio social, que puede situarse en el pensamiento de Gandhi en la India colonial (Motta, 1996). El pensador y político indio Mahatma Gandhi utilizó en su movimiento la recuperación de una técnica productiva muy arraigada en la cultura popular, la chakra, con un gran simbolismo político frente al colonizador británico. La chakra es una pequeña máquina para hilar, muy difundida en la India rural, de bajo coste, simplicidad técnica y portátil. Gandhi utilizó este instrumento como bandera para oponerse a la modernización de la colonia británica, que quería instalar grandes máquinas en las ciudades. Su intención era promover una producción descentralizada a cargo de las masas, siempre bajo la siguiente afirmación: "si las aldeas perecen, la India también perece".

Las características de la tecnología apropiada son, entre otras, ser intensiva en mano de obra antes que en capital, la pequeña escala, la simplicidad tecnológica, el aprovechamiento de los recursos y materiales locales y situarse en un plano intermedio, es decir, más barata que la sofisticada, pero más productiva que la tradicional (Schumacher, 1973). Se trata de una visión local o regional del desarrollo, centrada en los recursos humanos y prácticas existentes, que no genere dependencias externas, y que no promueva migraciones entre regiones por diferencias de desarrollo económico.

### 1.2 Tecnología y Desarrollo

A lo largo de la historia, la tecnología ha sido utilizada para intentar erradicar la pobreza o, al menos, disminuir las desigualdades. Sin embargo, el modo en que se ha empleado la tecnología, y la visión que se ha tenido de la misma, no ha sido siempre igual, sino que existen distintas interpretaciones. En las siguientes secciones se analiza la evolución de la tecnología y sus vínculos con la visión del desarrollo de cada época.

#### MODERNIZACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

Los proyectos de cooperación dentro del sistema de ayuda al desarrollo, se remontan a la década de 1950, coincidiendo con el fin de la II Guerra Mundial, donde se iniciaba un proceso de expansión económica (Unceta y

Yoldi, 2000). La inversión productiva, el crecimiento económico y la industrialización, se convirtieron en elementos centrales del debate y del proceso que habría de permitir el tránsito desde el subdesarrollo hasta el desarrollo (Griffin, 1991; Unceta, 1996).

Esta visión del desarrollo como crecimiento económico permeó en la manera de llevarse a cabo la cooperación internacional: la tecnología significaba progreso y el progreso debía llevarse a los países subdesarrollados para salir de la pobreza. Se trataba de trasladar el desarrollo industrial a aquellos lugares donde éste no se había dado (Griffin, 1991). Los proyectos eran los principales vehículos de la ayuda y su diseño se realizaba de manera jerárquica, priorizando la inversión en tecnología e infraestructura sobre otros sectores (Robb, 2004).

A nivel local, los proyectos se centraron en poner la tecnología al servicio de la productividad de las comunidades rurales de los países subdesarrollados. Esto se tradujo, principalmente, en proyectos agroproductivos, pero también en infraestructuras: construcción de carreteras, electrificación, abastecimiento de agua, etc., es decir, en crear las condiciones necesarias para el desarrollo económico. Los proyectos los ejecutaban técnicos o expertos externos a las comunidades rurales, tampoco era necesario que la población estuviera motivada o involucrada con la solución tecnológica, que venía impuesta de fuera.

### **TECNOLOGÍAS APROPIADAS**

En los años 1970 surgió una corriente de pensamiento económico que cuestionaba las teorías ortodoxas del desarrollo económico y se preocupó por el aspecto redistributivo del mismo, centrando su análisis en la satisfacción de las necesidades básicas de las personas (Streeten, 1981).

En este contexto, los movimientos ambientalistas, inspirados en Carson (1962), Ehrlich (1968) o Meadows et al. (1972), reivindicaban una mayor consideración hacia el medio ambiente en el modelo de desarrollo. Este último trabajo, también conocido como Informe Meadows, supuso un aviso a las teorías desarrollistas. El informe concluía que el modelo de desarrollo basado en el crecimiento económico no sería viable si se extendiese a los países menos desarrollados, por la incapacidad del planeta de soportar la sobreexplotación de sus recursos.

En la confluencia de todos estos elementos económicos, políticos y ambientales, y en contraposición al modelo de desarrollo como crecimiento económico, surge a finales de la década de 1970 el movimiento de las Tecnologías Apropriadas (TA).

Aunque el origen del concepto de TA puede situarse en el pensamiento de Gandhi en la India colonial, fue el economista de origen alemán E. F. Schumacher quien introdujo el concepto en el mundo occidental. En su trabajo propone el desarrollo económico y social de las áreas rurales, evitando las grandes migraciones a las ciudades y creando una industria "a escala": poco intensiva en capital, que priorizase las oportunidades de empleo antes que la productividad, que no despreciase la capacidad productiva de los sectores tradicionales, y que no generase dependencias externas debido a su complejidad (Schumacher, 1973). La apuesta por crear empleo antes que por generar una industria muy productiva, por medio de alta tecnología, entraba en fuerte contradicción con el pensamiento económico del momento.

En la cooperación internacional surgen numerosas ONGD inspiradas en las TA, y las que no son tecnológicas, al menos incorporan en su lenguaje el término de "apropiadas". La práctica de las TA supuso abordar el desarrollo tecnológico mediante la recuperación de tecnologías antiguas o en desuso, mejorándolas si procedía; la simplificación de tecnologías modernas; la adopción de tecnología apropiada utilizada en otros países; o la invención directa de nuevas tecnologías apropiadas. El foco de las intervenciones, a nivel local, se centra en proveer una solución tecnológica adaptada a un contexto específico. Las comunidades participan en las diferentes etapas de los proyectos, no obstante, su papel se limita a trabajos no cualificados, siendo el rol del técnico o ingeniero "experto" esencial a la hora de "adaptar" la tecnología a la comunidad.

## TECNOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO HUMANO

La década de 1980 significó la adopción de un modelo económico, conocido como Consenso de Washington, caracterizado por la liberalización económica, la apertura exterior y la privatización de las empresas estatales. También se recordará porque, a la vez que se imponían los planes de ajuste a la mayoría de países del Sur, empezaban a reconocerse los efectos negativos de los mismos en las capas más desfavorecidas de la población. En 1987, UNICEF publicó *Adjustment with a human face* (Cornia et al., 1987) y, posteriormente, los donantes introdujeron en sus políticas de desarrollo el impacto social del ajuste estructural. Otros autores como Chambers (1983) o Cernea (1985), pusieron el acento en que el desarrollo tiene que ver con la gente, las organizaciones sociales y su conocimiento e instituciones.

Pero son, sin lugar a duda, los estudios del economista Amartya Sen y la filósofa Martha Nussbaum (y de otros investigadores como Steward, Ul Haq, Drèze, Max-Neef, etc.) y del trabajo desarrollado en el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) los que producen una mayor difusión del concepto de un desarrollo centrado en las personas: el Desarrollo Humano. Frente a las concepciones del desarrollo basado exclusivamente en el crecimiento económico, se abre paso una concepción del desarrollo diferente, en cuyo centro se sitúa el ser humano.

El desarrollo se entiende como un proceso de ampliación de las oportunidades reales de las personas. Por lo tanto, la pobreza no se define como la falta de medios (como el ingreso o las mercancías) que producen unos resultados según las personas y los contextos. Tampoco puede afirmarse que son pobres aquellos cuyas preferencias no están suficientemente satisfechas, porque las preferencias pueden manipularse y dependen también de las oportunidades que la sociedad ofrece. Lo que propone este enfoque es que la pobreza es, ante todo, falta de libertad para llevar adelante planes de vida que una persona tiene razones para valorar. Y es precisamente lo más interesante de este enfoque: considerar que los bienes y servicios por sí solos no suponen bienestar. Según Sen ( p. xii) "El desarrollo de una persona consiste en expandir el conjunto de capacidades a partir del cual cada persona toma sus decisiones vitales y profesionales liberado de las ataduras (unfreedoms) que dejan a las personas con poca capacidad de elección y pocas oportunidades para ejercitar su agencia".

En 2001, tras once ediciones del Informe sobre Desarrollo Humano del PNUD, se publica el informe dedicado a la tecnología: Poner la tecnología al servicio del desarrollo humano, colocando el concepto de Tecnología para el Desarrollo Humano (TDH) en el centro de la agenda del desarrollo. Según el informe, los avances tecnológicos de los últimos tiempos, como las tecnologías de la información, la biomedicina o la genética, configuran oportunidades excepcionales para erradicar la pobreza, pues permiten mejorar la salud y la nutrición, ampliar los conocimientos, fomentar el crecimiento económico y capacitar a las personas para participar en la vida de sus comunidades.

De acuerdo a esta visión, la tecnología afecta doblemente al desarrollo humano: por un lado, de manera directa, porque a mayor avance tecnológico más adelantos se producen en la medicina, las comunicaciones, la energía, etc. y eso redundando en el desarrollo humano (por ejemplo, vivir una vida más larga o disfrutar de un nivel de vida digno). Y por otro lado, afecta indirectamente, porque el cambio tecnológico produce aumentos productivos que se traducen en crecimiento económico, que a su vez permite que haya más recursos para educación, salud, comunicaciones, etc. que terminan favoreciendo el desarrollo humano.

Llevado a la práctica de la cooperación internacional, esta visión se ha traducido en proyectos donde la tecnología es implementada como un bien o servicio con el objetivo de aumentar la productividad y las capacidades humanas en una sociedad interconectada. Sirva de ejemplo el proyecto *Una Laptop Por Niño*, que consiste en dotar de una computadora de bajo coste a niños de países en desarrollo como manera de mejorar su educación y vehículo de conexión con la sociedad global vía internet. Este modo de entender la tecnología comparte elementos de las visiones anteriores. Por un lado, de la modernización, pues asume que para alcanzar el desarrollo es necesario engancharse al tren de la tecnología; y por otro lado, de las TA, pues la computadora se adapta a las condiciones locales (bajo coste, uso simple, la batería se recarga mediante manivela, etc.).

Bajo esta visión, a nivel de proyectos de cooperación, la población tiene una escasa participación. En este sentido, el rol del técnico del proyecto es el de transferir una tecnología (generalmente desarrollada en países del Norte), siendo necesaria en algunos casos la participación de las comunidades en los proyectos pero no de una manera efectiva, por ejemplo, sin intervenir en las tomas de decisiones importantes.

### 1.3 Tecnologías apropiadas en pro del desarrollo humano

Todas las visiones descritas en los apartados anteriores conviven en la actualidad, incluso muchas intervenciones tecnológicas comparten elementos de las diferentes visiones, siendo difícil enmarcar un proyecto bajo una única visión. Sin embargo, el denominador común de las tres visiones se basa en entender la tecnología únicamente como un insumo necesario para el desarrollo, lo que implica que en la práctica los proyectos se centran en aportar un bien o servicio tecnológico. Y esta es, precisamente, la principal limitación de estos modelos: situar el foco en la tecnología y no en las personas, perdiendo de esta manera el potencial transformador de los proyectos.

En el modelo de modernización y transferencia tecnológica, de poco sirve ésta si no está adaptada a un contexto local, o si crea dependencias externas. Las comunidades ejercen el papel de meros receptores de ayuda, participando poco o nada en el proceso de implementación de los proyectos (Chambers, 1997), por lo que no se genera ni comparte conocimiento con la comunidad. Schumacher (1973) sostiene que, trasladar el modelo de desarrollo tecnológico a los países menos desarrollados, genera más desempleo (al sustituirse la mano de obra por maquinaria) y pobreza urbana (debido a la migración masiva del campo hacia las ciudades, que provocaría la industrialización en los núcleos urbanos). Shiva (1991) alerta de la peligrosidad del modelo de transferencia tecnológica para el medio ambiente (por la cantidad de fertilizantes químicos y agrotóxicos frente a modelos agroecológicos tradicionales) y para los campesinos de los países receptores de la modernización (por las dependencias que genera la compra de insumos y maquinaria).

En el caso de las tecnologías apropiadas, la aplicación en los proyectos de cooperación al desarrollo se ha limitado, en la mayoría de los casos, a buscar soluciones técnicas a problemáticas específicas, dejando a un lado el papel transformador y empoderador de los proyectos (Fernández-Baldor et al., 2012). A largo plazo, ha supuesto que muchas intervenciones hayan fracasado por no haber tenido en cuenta las dinámicas internas de las comunidades, el contexto socio-económico, o por no abordar cuestiones complejas del desarrollo como, por ejemplo, cuestiones de género o distribución intrafamiliar de los recursos.

También el concepto de Desarrollo Humano ha sido extensamente adoptado y aceptado. Según la visión del PNUD (reflejada en el Informe de Desarrollo Humano 2001), la ciencia y la innovación redundan en beneficios para las personas. El cambio tecnológico es una especie de caja negra donde el conocimiento, la creatividad y los recursos económicos se transforman en ganancias productivas y avances en la medicina, comunicaciones, agricultura, etc., para todas las personas. Sin embargo, el cambio tecnológico depende principalmente de dos factores (Acemoglu, 2002): el precio y el tamaño del mercado. Es decir, que quien se beneficia de la tecnología es quien la puede pagar y sólo se difunde allá donde exista un tamaño considerable de compradores. Las críticas en este sentido también apuntan a que realmente no se están produciendo procesos de generación y difusión del conocimiento en las zonas empobrecidas, sino que éstas se benefician en última instancia de avances tecnológicos producidos en los países enriquecidos. De esta manera, la brecha tecnológica se mantiene y la dependencia se incrementa (Leach y Scoones, 2006).

En definitiva, mientras que a nivel teórico, el PNUD considera el desarrollo como el proceso que permita crear las condiciones necesarias para que las personas configuren su propio destino, las TDH promulgan una visión del desarrollo basado en el crecimiento económico y las nuevas tecnologías (Shiva, 2009; Dagnino et al., 2006), centrándose en proveer un bien o servicio sin prestar atención al proceso que permite a las personas ampliar sus libertades reales (Fernández-Baldor et al., 2009).

En cambio, ¿es posible una visión de la tecnología que incorpore los elementos positivos de las diferentes visiones? La respuesta es sí. Sin embargo, a las visiones anteriores es necesario añadir un esfuerzo por reforzar el papel de la tecnología a la hora de ampliar las opciones reales de las personas y la habilidad de ayudarse a sí mismas e influir en los procesos de cambio que consideran importantes.

Esto supone volver al potencial transformador perseguido por Gandhi en las Tecnologías Apropriadas, o aplicar los principios del Desarrollo Humano promovidos por las Tecnologías para el Desarrollo Humano del PNUD - IDH 2001. Este enfoque, que en otros trabajos previos he denominado Technologies for Freedom (T4F), trata de desarrollar proyectos tecnológicos que incorporen, en todas sus etapas, una intención clara de expandir las libertades y agencia de las personas.

A fin de evidenciar las diferencias que existen a la hora de concebir las intervenciones de base tecnológica, dependiendo de las visiones de la tecnología descritas en los apartados anteriores, se presenta la Tabla 1.

**Tabla 1: Visiones de la tecnología en los proyectos de cooperación**

Características	Modernización y transferencia de tecnología	Tecnologías Apropriadas (AT)	Tecnologías para el Desarrollo Humano (visión PNUD-IDH 2001)	Technologies for Freedom (T4F)
<b>Foco del proyecto</b>	Tecnología Bienes y servicios	Tecnología Bienes y servicios	Tecnología Bienes y servicios	Personas Procesos
<b>Generación de conocimiento en la comunidad</b>	No un objetivo	No un objetivo	No un objetivo	Sí
<b>Transferencia de tecnología</b>	Top-down	Top-down	Top-down	Bidireccional: Bottom-up y Top-down
<b>Participación comunitaria</b>	No necesaria	Sí	Sí	Sí
<b>Rol del técnico</b>	Fundamental (implementar una tecnología)	Esencial (adaptar una tecnología)	Intermediario (“vendedor” de innovaciones)	Secundario (presentar y facilitar opciones)
<b>Comunidad involucrada y motivada</b>	No necesario	No necesario	No necesario	Necesario
<b>Equidad y diversidad</b>	No necesario	No necesario	No necesario	Necesario
<b>Expansión de capacidades</b>	No una prioridad	No una prioridad	Sí	Sí
<b>Expansión de agencia</b>	No una prioridad	No una prioridad	No una prioridad	Sí

*Fuente: Fernández-Baldor et al. (2012)*

Algunos elementos clave del enfoque de las T4F serían:

- Foco en las personas: situar el centro de la intervención en las personas, de tal manera que los proyectos tecnológicos sirvan para eliminar las barreras que impiden su propio desarrollo. Esto conlleva entender las normas sociales, el contexto, el por qué de las elecciones individuales y comunales, etc.
- Proceso de desarrollo liderado por la comunidad: una intervención tecnológica debería facilitar que el proceso sea liderado por los miembros de la comunidad. De esta manera se reforzaría la apropiación del proyecto, a la vez que se facilitarían procesos de empoderamiento entre sus miembros y se mejoraría la sostenibilidad de los mismos.
- Entender qué valora la gente: esto implica implementar metodologías que permitan a la gente deliberar democráticamente y de manera inclusiva, individual y colectivamente, sobre sus preferencias y el porqué de las mismas. Nos referimos aquí a una participación que permita obtener la opinión de la gente, pero que sirva además para transferir progresivamente poder a las personas de manera equitativa.

- Principios del Desarrollo Humano: las intervenciones deben asegurar la equidad y la diversidad (entre hombres y mujeres; jóvenes y ancianos; familias afectadas por el SIDA y aquellas que no lo están, etc.); la sostenibilidad (no solo ambiental, sino en sentido amplio: asegurando las opciones de las generaciones venideras); productividad (favorecer un entorno que permita a las personas desarrollar sus capacidades); y el empoderamiento (habilitando que la gente sea capaz de promover cambios que considera importantes).
- Rol de los facilitadores: es habitual que los proyectos tecnológicos sean diseñados y ejecutados por personal externo, supuestamente mejor conocedor de la tecnología a implementar. Sin embargo, aquí se aboga por un rol más de facilitador que de implementador de la tecnología. En este sentido, el técnico debería presentar y explicar las diferentes opciones tecnológicas de la manera más objetiva posible. También supone planificar con la gente como medio de integrar sus propios conocimientos, como contraposición a los enfoques que presuponen un mayor conocimiento del equipo "investigador" o "ejecutor" de un proyecto de cooperación. Transferir el poder de investigar, diagnosticar, interpretar datos, diseñar, planificar, desde el personal externo a la propia gente, permite a ésta aumentar su autoestima, sus capacidades y su participación en la toma de decisiones.

## II LOS PROYECTOS TECNOLÓGICOS COMO ELEMENTO TRANSFORMADOR

### 2.1 Importancia de la inclusión del enfoque participativo y de género en el proceso del proyecto

Se ha demostrado que el proceso de los proyectos es un elemento crucial para conseguir un verdadero cambio que transforme las estructuras de poder, que dinamice y democratice los procesos de toma de decisiones y que sea inclusivo con la población en su conjunto, de forma que produzca un verdadero empoderamiento y una mejora en el bienestar de todas las personas (hombres, mujeres, niños y niñas).

Para ello, es imprescindible disponer de una metodología de intervención que incluya la participación activa y de calidad de la población en todas las fases del proyecto, así como también ser conscientes de las características multiculturales y desigualdades de género existentes en las zonas donde se va a trabajar.

La transformación social en las comunidades se consigue cuando se logra una expansión verdadera del empoderamiento colectivo. Esto solo es posible cuando se generan espacios inclusivos de deliberación y participación y la población está motivada e involucrada en el proceso de elegir y diseñar la tecnología. La participación es central al concepto de empoderamiento colectivo, es necesaria para que todos los puntos de vista sean tomados en cuenta en el proceso de elección de los objetivos colectivos a ser alcanzados. Los obstáculos y barreras que puedan ser encontrados en el camino, serán mucho más fáciles de superar cuando se actúa colectivamente (Fernández-Baldor, Hueso, & Boni, 2009). El PNUD argumenta que para estar empoderada, la población necesita participar plenamente en las decisiones y procesos que van a definir sus vidas (PNUD, 2005). Varios estudios indican que una reducción duradera de la pobreza o del cambio social ocurre cuando algunas personas pobres, así como otros individuos e instituciones en su sociedad, participan activamente en los procesos de desarrollo.

Más que una política, la participación es un enfoque filosófico del crecimiento humano y del cambio social, basándose en el conocimiento propio, las personas pueden identificar contradicciones y concebir acciones que contrarresten la alienación. Por tanto, las acciones participativas pueden ser descritas como el proceso que facilita la habilidad permanente de identificar y analizar problemas, formular y planificar soluciones, movilizar recursos e implementarlos en todas las áreas de las necesidades de desarrollo de las personas, buscando el

pleno control sobre los procesos que afectan sus vidas (Leal & Opp, 1998/99).

Uno puede ser un agente de su propio desarrollo a través de la toma de decisiones democrática, la cual es una manera de tomar decisiones en la comunidad política a través de estructuras democráticas existentes (tales como un cuerpo de representantes electos, un sistema político multipartidista, partidos de oposición, libertad de expresión, etc.) o a través de la toma de decisiones participativa, la cual es una forma de tomar decisiones directamente involucrando a las personas, saltando o evitando mecanismos democráticos normales (Deneulin, 2004).

Los procesos participativos, reconociendo la diversidad, propician la expresión de distintos puntos de vista en un diálogo que lleve a la negociación y al consenso. El supuesto detrás del vínculo positivo entre los mecanismos participativos y la pobreza es que, si las personas afectadas por una decisión participan en ella, serán más propensas a tomar decisiones que serán lo más efectivas o eficaces para sí mismos. Aún más, si las personas que participan en la toma de decisiones son pobres, se presupone que ellos toman decisiones que reflejan de mejor manera, y por tanto afectan positivamente, sus prioridades y valores.

No obstante, se debe prestar especial atención a las relaciones de poder intracomunitarias. La participación no es la panacea: existen intereses y poderes ocultos e invisibles que dificultan la participación desde la igualdad (Mikkelsen, 1995). Concretamente, el carácter top-down de la mayoría de las intervenciones que incluyen aspectos tecnológicos, hace que suelen ser los puntos de vista de los técnicos los que tomen fuerza (Chambers, 1997).

En este sentido, el análisis del poder es fundamental si se quiere entender el grado en que pueden usarse los nuevos espacios para una gobernanza participativa cuya meta es generar un compromiso transformador, o si es más probable que sean instrumentos para reforzar la dominación y el control existentes (Gaventa, 2006).

En su concepción negativa, el poder es la vía para lograr un cambio radical y confrontar a los que no tienen poder frente a los que lo tienen. Esta interpretación argumenta que sólo se logra un cambio significativo si se cuestionan directamente los patrones de poder existentes. Una definición más constructiva concibe este término como el poder de hacer, de ser capaz, así como de sentirse con mayor control de las situaciones. Según este enfoque, se considera que el individuo tiene un rol activo y puede actuar en cualquier programa de desarrollo gracias a su actitud crítica. Esta noción implica romper con la idea de que el individuo es un ser pasivo para pasar a convertirse en un actor legítimo del desarrollo (FRIDE, 2006).

El poder está en cualquier proceso de transformación y es la dinámica que determina las relaciones sociales, económicas y políticas. Esta noción ha sido puesta en práctica en el concepto de empoderamiento que se entiende como un proceso que busca, tanto afrontar los desequilibrios de poder, como apoyar a aquellos que no lo tienen a que se empoderen. Hay cuatro elementos, comunes en distintos contextos, que favorecen la promoción del empoderamiento: el acceso a la información; la inclusión y la participación; la rendición de cuentas y la capacidad de organización local (FRIDE, 2006).

El empoderamiento sólo será sostenible si el individuo logra alterar la percepción de sí mismo y tomar control sobre su vida. Ello conlleva un proceso exclusivamente interno en el que el rol de los agentes externos se reduce a meros catalizadores. En este sentido el empoderamiento se refiere a un aumento de la capacidad de los individuos para tomar decisiones estratégicas en un contexto donde previamente esa posibilidad no existía.

Los artefactos tecnológicos (productos, equipamientos, etc.) y los procesos organizacionales y relaciones son fines de las intervenciones comunitarias, pero también representan los medios que permiten a las personas conseguir aquellos objetivos o valores que creen importantes, reforzando la habilidad de la comunidad de ayudarse a sí misma a provocar los cambios y transformaciones deseadas (empoderamiento colectivo).

Las instituciones de desarrollo, que buscan "crecimiento" y "progreso" pero que son incapaces de lidiar con el poder y la política, tienden a convertir enfoques diseñados para la transformación social en instrumentos de gestión técnica. Esto decapita la participación, convirtiéndola en un mero soporte del ciclo de proyecto ortodoxo, inhibiéndola de sus capacidades transformadoras. Cuando la participación es un mero medio para responder a las demandas de las agencias donantes, para responsabilizar a los participantes de los resultados de un programa o para realizar una simple consulta, el empoderamiento no se logrará.

En proyectos de carácter tecnológico merece una atención especial el concepto de Technologies for Freedom<sup>1</sup> (T4F) (Fernández-Baldor, Hueso, & Boni, 2009), un enfoque que busca repensar y desarrollar procesos tecnológicos que incorporen, desde su conceptualización hasta su implementación, la intención de promover la expansión del empoderamiento colectivo de la población. Este enfoque tiene dos rasgos fundamentales. Primero, está enfocado principalmente al proceso, en vez de enfatizar los resultados y los productos de las intervenciones, y segundo, la gente de las comunidades juega un rol central en la generación y diseminación de conocimiento. El tipo de participación en proyectos de T4F es distinto de otros enfoques, situándose la comunidad en el centro del escenario, incluida en todo el proceso desde el inicio. Los técnicos y técnicas potencian activamente el conocimiento local, la investigación informal y sistemas de desarrollo en áreas rurales, así como facilitan la experimentación de la propia comunidad. Incluso, en los mejores casos, la comunidad confía en su propia experimentación y no existe ninguna comunicación organizada con el personal técnico del proyecto.

Las mayores potencialidades de este enfoque son:

- Creación de conocimiento y construcción de capacidades a través de un proceso inclusivo y justo de deliberación participativa
- Producción y diseminación de conocimiento entre actores.
- Interacción con la comunidad en la toma de decisiones, desarrollando e implementando procesos para incluir perspectivas y experiencias locales
- Procesos colectivos e inclusivos
- Población motivada e implicada desde el inicio
- Expansión de las potencialidades y capacidades de las personas
- Mejora del conocimiento y poder para realizar elecciones tecnológicas
- Proceso de empoderamiento colectivo sostenible (Fernández-Baldor, Hueso, & Boni, 2009)

No hay que olvidar que para que un proceso de empoderamiento que permita a las personas guiar y sostener su propio desarrollo a través de la participación activa se requiere una transferencia real y efectiva de poder entre los individuos e instituciones dominantes en la toma de decisiones hacia aquellos que están en una posición de subordinación. Eso significa un cambio amplio y profundo, catalizando movimientos sociales populares que sean expresiones genuinas de los sueños y deseos de las personas (Leal & Opp, 1998/99).

En este sentido, merece especial atención el colectivo de mujeres, las cuales ocupan generalmente una posición de subordinación frente al hombre en los espacios públicos de toma de decisiones. La mera presencia de mujeres en algunas actividades o instancias comunitarias no asegura que sus necesidades y opiniones sean tomadas en cuenta ni que estén logrando mayor autonomía y poder en las relaciones de género. Es por ello que *"la perspectiva de género en el desarrollo... pone especial énfasis en el análisis dinámico de la participación de los grupos de menor influencia en una comunidad (las mujeres) con respecto a los de mayor influencia (hombres)"* (López & Sierra, 2000).

---

<sup>1</sup>Tecnologías para la libertad

Cuando evaluamos procesos de empoderamiento femenino hemos de prestar atención, por tanto, a la "calidad de participación" que se ha generado, sabiendo que esta puede tener distintos grados:

- "Participación pasiva": las mujeres son usuarias o receptoras de los servicios que ofrece el programa de desarrollo pero no participan en su gestión ni controlan la continuidad de los mismos.
- "Participación obediente": las mujeres realizan actividades decididas por otros, siguiendo instrucciones sobre las que no tienen incidencia ni control.
- "Participación simulada": las mujeres expresan sus necesidades cuando son consultadas, pero no tienen garantías de que sus demandas o sus propuestas sean atendidas.
- "Participación activa": las mujeres son estimuladas a organizarse para que decidan autónomamente las acciones que solucionarán sus problemas, al tiempo que asumen la responsabilidad de ejecutarlas y evaluarlas (Murguialday & Vázquez, 2005).

Si bien aquellas experiencias en las que no se ha planteado la equidad de género como un objetivo explícito han tenido un cierto impacto en la calidad de vida de las mujeres, por ejemplo, disminución de la jornada de trabajo destinada a la preparación de alimentos, acarreo de agua y leña, mejores niveles de salud, entre otros; la mayoría de estos proyectos han continuado reproduciendo los roles tradicionales que asignan a las mujeres la responsabilidad exclusiva del ámbito doméstico y limitan su acceso a los recursos y a los beneficios y oportunidades que de ellos se derivan.

Las iniciativas que, por el contrario, se han planteado el reto de contribuir a relaciones más justas entre mujeres y hombres, han logrado repercutir más profundamente en el replanteamiento de las condiciones de género, iniciar una redistribución de tareas en las familias y fortalecer las capacidades productivas y organizativas de las mujeres.

El proceso de potenciación del que hablan los grupos de mujeres (Kabeer, 1994) (Young, 1993) tiene que ver nuevamente con el poder. La definición de este poder tiene tres dimensiones: el aumento del *poder propio*, entendido como aumento de conciencia, identidad y confianza en sí mismas; el aumento del *poder con*, que refleja la necesidad de trabajar conjuntamente con otras mujeres, la necesidad de la organización; y el aumento del *poder para*, la importancia de la acción política, de las posibilidades de transformación de las relaciones, estructuras e instituciones que limitan a las mujeres y que perpetúan su subordinación.

Este proceso requiere que las mujeres definan sus intereses y necesidades frente a los intereses y necesidades de otros, por ejemplo de sus familias. En efecto, mujeres y hombres pueden tener necesidades e intereses diferenciados, derivados de las obligaciones, responsabilidades y actividades que les son asignadas en una sociedad y del desigual acceso y control de los recursos y beneficios. La expresión pública de los intereses de las mujeres suele centrarse en temas como salud, infancia, nutrición, trabajo doméstico y actividades generadoras de ingresos situadas en el hogar: estos intereses conforman un perfil socialmente aceptado de las actividades de las mujeres. Suelen existir importantes obstáculos para que las mujeres expresen y articulen intereses relativos a la producción agrícola, el manejo de recursos naturales, o cualquier otro área que no encaja con la definición pública o patriarcal de los roles e intereses de las mujeres. Desde esta perspectiva hay que tener en cuenta las autolimitaciones que se ponen las mujeres para la expresión de intereses propios y estratégicos.

El proceso de potenciación mencionado puede resultar conflictivo y doloroso cuando hay que negociar y se rompe la idea de consenso y de intereses y necesidades compartidos. Por eso resulta fundamental el convencimiento de cada mujer sobre las propias necesidades e intereses y el conocimiento de los costes que puede tener el perseguir los propios logros. Por tanto, debe tratarse, sobre todo, de un proceso de abajo a arriba que requiere la implicación de las afectadas. Esto implica que las mujeres no se dejen utilizar por estrategias de

desarrollo planificadas por otros, sino que sean sujetos agentes que participen desde el comienzo en un diseño del desarrollo con su propia agenda y con sus propias prioridades, donde se reflejen sus intereses y necesidades.

Con esto se hace patente que cualquier acción de desarrollo debe identificar e incluir dichas necesidades e intereses, realizando un análisis de género previo a su ejecución. Así, se podrá evaluar en qué medida las necesidades y prioridades tanto de las mujeres como de los hombres se reflejan en la acción de desarrollo, evaluar si se necesitan cambios adicionales para hacer posible que las mujeres participen y se beneficien de la acción, así como evaluar si existen oportunidades para evitar o reducir los desequilibrios de género implicados en la acción de desarrollo.

Por tanto, una identificación previa de las necesidades de género se torna de gran importancia en cualquier proyecto de desarrollo, ya que (Alcalde & López, 2004):

- Permite hacer visible las necesidades e intereses específicos de las mujeres que, en ocasiones, se identifican erróneamente con los de sus cónyuges, con los de otros miembros del hogar (hijos, etc.) o con los de la comunidad a la que pertenecen.
- Ayuda a diseñar la estrategia de intervención del proyecto (o acción de desarrollo), en función de la situación específica de mujeres y hombres. Permite diseñar proyectos que trasciendan la satisfacción de necesidades básicas y contribuyan al empoderamiento.
- Posibilita planificar el impacto que un proyecto tendrá sobre la situación de las mujeres y los hombres de manera diferenciada, de forma que pueda constatarse, e incluso medirse, el beneficio (o perjuicio) que un proyecto ha causado sobre la situación de las mujeres beneficiarias. Con ello, se evitan situaciones en que se presupone que ciertos proyectos benefician a las mujeres sólo porque éstas pertenecen a la población beneficiaria.

Finalmente, es de vital importancia adoptar una estrategia de mainstreaming (horizontalidad o transversalidad), situando las cuestiones sobre equidad de género en el centro de las decisiones políticas de las estructuras institucionales y de la asignación de recursos incluyendo los puntos de vista y prioridades de hombres y mujeres en la toma de decisiones sobre los procesos y objetivos políticos (Alcalde & López, 2004).

## 2.2 Importancia de la gestión comunitaria de los proyectos tecnológicos

Las Tecnologías para el Desarrollo Humano han demostrado ser una herramienta para lograr mejorar las condiciones de vida de la población rural en el mundo, permitiendo el acceso a nuevos servicios y mejorando el bienestar de las familias. Sin embargo, cuando se lleva a cabo un proyecto tecnológico hay que ser consciente de que este tipo de proyectos no puede verse como un proyecto puramente técnico.

En efecto, las mayores dificultades que deberemos afrontar no serán de tipo técnico, ya que este tipo de tecnologías no suelen ser complejas, sino que recaerán en la dimensión organizativa y de gestión de los sistemas. Si estos aspectos no son tratados con una importancia central por parte del actor que implemente un proyecto de este tipo, el grado de sostenibilidad que se alcance será probablemente muy bajo, y no se aprovecharán al máximo las potencialidades de estas tecnologías para catalizar procesos de desarrollo.

Por esa razón, es necesario desarrollar un modelo de gestión que asegure tanto el funcionamiento a largo plazo de las tecnologías (Operación y Mantenimiento, reposición de piezas cuando llegan al final de su vida útil, etc.), así como el fortalecimiento de las capacidades locales, la participación y el empoderamiento de la población para lograr que un proyecto de este tipo logre ser exitoso.

Existen gran variedad de alternativas en cuanto a modelos de gestión de este tipo de proyectos se refiere, los cuales suelen estar ligados a la propiedad de los sistemas. En particular, los más comunes en el Perú son:

- **Gubernamentales:** Los sistemas cuya propiedad y gestión recaen sobre el estado suelen estar administrados por unidades regionales, las cuales disponen de personal permanente encargado del cobro de tarifas, operación y mantenimiento, seguimiento de los proyectos, etc. En algunos casos estas unidades regionales contratan a personal local para realizar algunas de estas tareas, pero la población local no tiene poder en los procesos de toma de decisiones.
- **Municipales:** En este tipo de modelos, quienes se hacen cargo de los sistemas son las áreas técnicas municipales. Al igual que en el caso anterior, también es habitual que se contrate a personal para que realice algunas de las tareas de operación y mantenimiento o cobro de tarifas. Sin embargo, debido a los escasos recursos que de los que se suele disponer, existen dificultades para encontrar repuestos, personal experto, asesores, distribuidores o fabricantes. De nuevo, en este tipo de modelos el nivel de participación de la población local es mínimo.
- **Privados:** En este caso, suele tratarse de pequeños sistemas que abastecen a una única comunidad rural, la propiedad de los cuales suele recaer en uno de los pobladores que invierte en la instalación de los equipos y cobra una tarifa para lograr un beneficio económico. Nuevamente, no se cuenta con la participación de la población, sino que es el dueño quien toma las decisiones.
- **Comunitarios:** En este tipo de modelos, es la propia comunidad quien gestiona los sistemas. Sin embargo, de forma similar a lo que ocurre con los sistemas municipales, este tipo de gestión muestra varias debilidades debido principalmente a la falta de formación, de recursos económicos y de acceso a asistencia técnica y repuestos. Sin embargo, la toma de decisiones suele realizarse de forma asamblearia, fortaleciendo los procesos participativos y maximizando la apropiación de los sistemas por parte de la población.
- **Cooperativos:** Se trata de sistemas construidos y gestionados por cooperativas, cuya gestión y toma de decisiones recae en los socios de la misma. De nuevo, en este tipo sistemas la participación de los usuarios es elevada.

Como hemos analizado en el punto anterior, la tecnología por sí misma no supone desarrollo. Para que éste se logre efectivamente es desarrollar procesos tecnológicos que incorporen, desde la conceptualización a la implementación, la intención de promover el desarrollo humano, para lo cual es imprescindible involucrar de manera central a la población como sujetos activos, promoviendo la participación y el empoderamiento. Por esa razón, en este libro consideraremos únicamente modelos de gestión en los que los usuarios de los sistemas sean quienes tomen las decisiones sobre los mismos.

Sin embargo, como hemos visto, existen muchas dificultades que deben superarse. Para ello, el enfoque Technologies For Freedom<sup>2</sup> nos propone siete conceptos centrales que el actor ejecutor del proyecto debe considerar para lograr verdaderos procesos de desarrollo.

En primer lugar, el rol del técnico debe ser facilitar un proceso de desarrollo liderado por la comunidad, no presentando las decisiones como puramente técnicas sino facilitando las diferentes opciones tan objetivamente como sea posible. Para ello, es necesario generar espacios inclusivos de toma de decisiones, asegurando un elevado grado de participación de la comunidad, así como una población implicada y motivada. Con una facilitación de este tipo, existirá un proceso de aprendizaje y generación de conocimientos bidireccional, no solo de los expertos a la comunidad sino también en sentido contrario, permitiendo a la población involucrarse en el proceso de toma de decisiones y a los técnicos entender de mejor forma la cosmovisión de la propia comunidad. Además, dado que según esta perspectiva los técnicos promueven el conocimiento local, procesos informales de investigación y desarrollo y facilitan la experimentación de la

<sup>2</sup>Ver capítulo "Los proyectos tecnológicos como elemento transformador. Importancia de la inclusión del enfoque participativo y de género en el proceso del proyecto."

comunidad, ésta se sitúa en el centro del escenario en el proceso de transferencia tecnológica, debiendo desarrollar o adaptar cada tecnología al ámbito local en interacción con la comunidad. Finalmente, si bien la tecnología y los procesos organizacionales son fines de las intervenciones, ellos también representan los medios para ampliar las libertades de los usuarios, así como fortalecer su empoderamiento, tanto individual como colectivo (Fernández-Baldor et al., 2012).

A lo largo del libro se presentarán distintos modelos de gestión que se están poniendo en práctica en la actualidad en proyectos tecnológicos en el ámbito rural. Todos los modelos presentados consideran la participación, fortalecimiento de capacidades y empoderamiento de la población, aunque para que estos impactos realmente tengan lugar se debe hacer especial hincapié en el proceso que se lleve a cabo con la comunidad.

**Fotografía 1: Reunión comunitaria en Llanupacha**



### 2.3 Factores claves que influyen en la gestión de servicios básicos en poblaciones rurales altoandinas

Uno de los grandes retos en la implementación de proyectos de desarrollo, específicamente aquellos relacionados a la dotación de servicios básicos en el área rural, es la sostenibilidad de éstos en el tiempo, lo cual implica (como parte de la implementación del proyecto) generar las condiciones para una adecuada gestión, donde los beneficiarios tienen un papel protagónico.

En los últimos tiempos, en este tipo de intervenciones, se ha enfatizado en el desarrollo de capacidades locales a través de la transferencia de conocimientos (técnicos, de organización, gestión) a los pobladores, que incluye las características y bondades de la tecnología como alternativa para aprovechar el potencial local con el que cuentan (recursos naturales, humanos, económicos). Algunas experiencias exitosas muestran que en torno a la implementación de un proyecto tecnológico en una comunidad rural, que a su vez permite el acceso a un servicio básico, ésta se fortalece social, política y espiritualmente,<sup>3</sup> logrando un aprovechamiento óptimo de la tecnología y sus bondades, lo cual en el lenguaje de desarrollo puede interpretarse como la apropiación de la tecnología. Esta apropiación implica así mismo una consciencia del valor de la tecnología frente a las necesidades de las familias de la comunidad y por tanto un compromiso por conservarla, el mismo que se refleja en un esfuerzo por realizar un adecuado manejo, operación y mantenimiento de los sistemas y servicios instalados.

Este trabajo, con un alto componente social, requiere de la comprensión de los factores claves (internos y externos) que influyen en el logro de una adecuada gestión de los servicios por parte de la comunidad. Muchas veces al ser obviados o restar su importancia (por lo tanto tampoco es objeto de análisis), repercuten negativamente en la intervención, puesto que las acciones que se desarrollen no serán acordes a la realidad o a los intereses de los usuarios, por lo que no será posible lograr el involucramiento de la población y por tanto la sostenibilidad del proyecto en el tiempo.

<sup>3</sup>En lo social la comunidad mejora sus relaciones internas, así como su capacidad organizativa. En lo político se fortalece la capacidad en la toma de decisiones para el desarrollo de su comunidad, llegando a proponer y en algunos casos exigir, por iniciativa propia, alternativas de proyectos frente a su autoridad local. En lo espiritual, la motivación por mejorar sus condiciones de vida, dan paso a emprendimientos (actividades productivas, mejoras de su espacio físico, etc.).

Como es lógico dichos factores claves están relacionados a los aspectos económicos, sociales y políticos que influyen incluso en el funcionamiento de la comunidad misma. Sin embargo, la capacidad de análisis de estos factores por parte del equipo de trabajo de cualquier proyecto orientado a la implementación de servicios básicos, es determinante para la gestión de los mismos. Desde la experiencia en la implementación del modelo de gestión microempresarial de sistemas aislados con energías renovables para la electrificación rural, desarrollado por Soluciones Prácticas en comunidades de la zona alto andina de Perú, se extraen los principales factores a tomar en cuenta en la implementación de formas o modelos de gestión de servicios básicos en el ámbito rural.

### **LA DINÁMICA ECONÓMICA DE LAS FAMILIAS BENEFICIARIAS Y SU RELACIÓN CON LOS ASPECTOS TÉCNICOS Y LA SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO**

Siendo la economía un factor determinante en la sostenibilidad de este tipo de proyectos, donde las familias cubren en parte (si no todo) el costo de la operación, mantenimiento y reposición de los sistemas, es necesario un análisis objetivo de la economía familiar.

En la mayoría de las comunidades rurales de la zona altoandina en Perú, la economía familiar está basada principalmente en la agricultura y ganadería, donde el ingreso promedio mensual por familia puede alcanzar los US\$180, y que según la tipificación socioeconómica de las familias rurales realizada por la CEPAL (1982), se pueden clasificar en familias rurales de infrasubsistencia, autosubsistencia y excedentarias.

En general las familias rurales que no cuentan con servicios básicos de energía, agua y saneamiento, satisfacen sus necesidades con las fuentes y medios más accesibles, lo cual implica un gasto permanente que éstas tienen que cubrir. Por ejemplo, en el caso del acceso a la energía, las familias rurales altoandinas realizan un gasto mensual entre cinco y diez dólares aproximadamente, cubriendo de manera limitada dichas necesidades con el consumo de combustibles derivados del petróleo, velas, etc. Es tarea obligatoria del equipo de trabajo, conocer las formas y medios con que las familias satisfacen sus necesidades, las potencialidades con las que cuentan para mejorar dichas condiciones, así como una proyección de su consumo cuando el proyecto se implemente; esto como parte de la estimación de la demanda actual y futura (antes y después de ejecutarse el proyecto). Adicional a ello es de gran importancia la socialización de esta información con la propia comunidad, puesto que permitirá de un lado validar la información y de otro generar conciencia en la población respecto al problema que se busca solucionar.

El diagnóstico socioeconómico en algunos casos, o el informe de línea de base en otros, resulta ser el principal instrumento del proyecto, que recoge la información sobre las características de los ingresos, egresos, fuentes, medios de vida de las familias, que son parte de su dinámica económica; y que por lo general plasman información, porcentual que cuantifican estos aspectos. Los resultados del diagnóstico socioeconómico o línea de base del proyecto, permiten conocer la capacidad de pago por el servicio por parte de la familia, siendo este análisis, junto a los costos de operación, mantenimiento (preventivo y correctivo) y reposición un factor determinante para la fijación de una tarifa. En este sentido, la capacidad de pago del beneficiario, que es parte de este punto de análisis, juega un papel muy importante en el funcionamiento de un modelo de gestión cualquiera que incluya el concepto de pago por un servicio, puesto que si la tarifa no es coherente con la capacidad de pago de los beneficiarios es probable que inicialmente la morosidad sea alta, y finalmente surja descontento y peligro la sostenibilidad del proyecto.

La inclusión del concepto de pago por un servicio en este tipo de proyectos resulta ser muchas veces delicado en comunidades rurales (dependiendo del contexto), por lo que requiere tomar en cuenta algunos aspectos como la equidad en dicho pago (paga lo que consume) que, junto al componente técnico (inclusión de medidores, limitadores, etc.), debe ser presentado a los beneficiarios, asegurando su total comprensión. Esto requiere muchas veces de un esfuerzo especial del equipo de trabajo.

El buen funcionamiento de la tecnología que se implemente, así como su capacidad de satisfacer de manera óptima las necesidades de la población, influye de manera directa en el compromiso de los usuarios y se constituye en un factor clave para la gestión del servicio. En este sentido, el criterio técnico para la ejecución del proyecto juega un rol importante (en el diseño, construcción e implementación). Es necesario tomar especial atención en la calidad de los equipos, materiales, accesorios e insumos que se adquieran, que son parte de la inversión inicial del proyecto. Existen múltiples experiencias de proyectos tanto de organizaciones privadas como del Estado, en que la vida útil de la tecnología implementada ha sido demasiado baja o simplemente no ha logrado funcionar, lo cual repercute de manera negativa en la percepción de la población respecto a este tipo de proyectos, puesto que generan desconfianza y merman su participación en acciones futuras.

### **ASPECTOS SOCIALES Y ORGANIZACIONALES EN LA COMUNIDAD, ROLES Y FUNCIONES DE LOS ACTORES**

Si mejorar las condiciones de vida de las personas y familias que forman parte de una comunidad, es el fin último de los proyectos de desarrollo; es lógico que dichos proyectos deban responder a las necesidades de la población de estas comunidades, así como a las condiciones y características de su entorno. Ello exige por tanto que el o los proyectistas, así como el equipo ejecutor, tengan el mayor conocimiento posible sobre las características demográficas, organizativas y culturales (tradiciones y aspectos relacionados a la cosmovisión andina), puesto que constituyen un factor determinante en la gestión de los servicios comunitarios.

Como parte de la implementación de un proyecto que busca brindar acceso a servicios básicos en la vivienda, será normal encontrar por ejemplo localidades en la zona altoandina en las que el número de viviendas no coincide con el número de familias. En este escenario, es una tarea muchas veces difícil la definición del número exacto de beneficiarios, puesto que la dinámica propia de la población exige que la familia tenga más de una vivienda y ambas estén habitadas parcialmente a lo largo del año, (dependiendo de la temporada de siembra, cosecha o desplazamiento del ganado); por lo que respecto de la gestión de los servicios, tendría que responder por más de un punto de acceso a agua, energía, etc.

La migración (campo ciudad) en este tipo de comunidades es un factor importante a tomar en cuenta, siendo mayormente la población juvenil la que migra hacia la ciudad en busca de mejores condiciones y oportunidades. Tomando en cuenta esta característica de la dinámica poblacional, orientar la formación de capacidades locales para la operación, mantenimiento y administración de los sistemas, sólo a la población juvenil, podría constituirse en un riesgo para la sostenibilidad del proyecto. Sin embargo este sector de la población es la que normalmente muestra mayor motivación y muchas veces asume el liderazgo en el desarrollo de las actividades.

La organización comunal, que responde a las necesidades, experiencias y estrategias de sobrevivencia de la propia población, requiere ser analizada, comprendida y tomada en cuenta por el equipo del proyecto. Como parte de la formalidad, toda comunidad cuenta con autoridades (teniente gobernador, representante del gobierno central y agente municipal, representante del gobierno local), sin embargo no siempre estas autoridades tienen liderazgo en la comunidad.

Siendo el modelo de gestión una configuración nueva de relaciones sociales en la comunidad, entre actores que asumen roles y funciones para asegurar el buen funcionamiento de los sistemas que se implementen y, por tanto, la sostenibilidad del proyecto, las experiencias previas de organización y trabajo conjunto juegan un papel importante en la gestión y son por lo tanto uno de los principales factores que influyen en el éxito o fracaso de dicho modelo.

El análisis del contexto en proyectos tecnológicos para la dotación de servicios básicos, normalmente se reduce a la interpretación de información cuantitativa, desestimando muchas veces aspectos básicos como las

particularidades de la convivencia de las personas en la comunidad, la regularidad en su conducta y los factores que influyen en esta, lo que en sociología se denomina orden social. Aun cuando en este tipo de proyectos, promovidos por entidades estatales o privadas, normalmente las acciones se centran en la implementación (construcción, montaje, funcionamiento...), es necesario que el equipo de trabajo tenga un componente social, que recoja y maneje información sobre la qué hace o en qué se ocupa la gente, su percepción y expectativas respecto al proyecto. Además debe realizarse un análisis cualitativo que permita conocer de cerca y comprender la capacidad de las personas de la comunidad para dar sentido a las circunstancias, la forma en que superan o han superado adversidades y en consecuencia actúan, en el mejor de los casos, aportando al proyecto.

Existen modelos normativos que regulan las conductas y las apreciaciones de las personas, que desde el funcionalismo estructural de Parsons, estos forman parte del sistema cultural (sistema de símbolos culturalmente estructurados y compartidos) (Ritzer, 1993a). Desde la sociología contemporánea, el interaccionismo simbólico (Ritzer, 1993a) permite comprender que las personas orientan sus actos hacia las cosas/situaciones en función de lo que éstas significan para sí mismas; a su vez dicho significado surge o se deriva de la interacción con la comunidad y; estos significados pueden ser modificados mediante un proceso interpretativo, que la persona puede desarrollar en base a su experiencia. En este sentido, la conclusión final de la implementación de un modelo de gestión de servicios comunales, implica y/o requiere en sí un cambio de conducta de las personas, lo cual depende de las apreciaciones y motivaciones que éstas tengan respecto de la importancia de los servicios en su comunidad y en su vida misma. Es necesario tomar en cuenta que detrás de las acciones de las personas están las creencias y los motivos que tienen las mismas para su realización, su forma de ver el mundo y su convivencia con él. Esto normalmente tiende a desestimarse, sin embargo forma parte importante de las condiciones para el desarrollo y sostenibilidad de cualquier proyecto. Parte de estas tradiciones por ejemplo, pueden constituirse en aspectos negativos para el proyecto, como la percepción machista de la población, frente a las acciones a realizar.

Los rasgos culturales (vivencias, experiencias, hechos particulares, individuales o colectivos), pueden constituirse en una base (socialmente hablando) para la implementación de un modelo de gestión, por ejemplo la experiencia en proyectos anteriores, la cultura organizativa que podría ser parte de la herencia cultural. Las comunidades altoandinas ubicadas en el norte del Perú principalmente, han sufrido como muchas comunidades rurales del Perú, una alteración en la concepción del trabajo comunal que ha influido de manera negativa en su cultura. Es muchas veces complicado obtener el compromiso de los pobladores para brindar su mano de obra no calificada como contraparte del proyecto (exigen un salario). El compromiso, participación y aporte de la población hacia el proyecto es un factor fundamental para la gestión de los servicios, puesto que a mayor participación o aporte, son mayores las probabilidades de valoración del proyecto, así como de la apropiación de la tecnología. Está comprobado que si la comunidad no participa en el ciclo del proyecto, no valora la importancia del mismo y, por lo tanto, difícilmente se logra su compromiso en la gestión de los servicios.

### **TOMA DE DECISIONES PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO Y LA PARTICIPACIÓN DEL GOBIERNO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN DE SERVICIOS BÁSICOS EN LAS COMUNIDADES RURALES**

Este conjunto de factores relacionados al logro de metas mediante la persecución de objetivos sociales, la movilización de actores y recursos, forman parte del accionar político; y pueden ser considerados en mayor magnitud como externos a la comunidad, a comparación de los factores económicos y sociales.

El involucramiento del gobierno (desde sus instancias local, regional o nacional para el caso peruano) en la implementación de cualquier proyecto de servicios básicos para poblaciones rurales, ya sea con financiamiento estatal, privado o de cooperación internacional, favorece también la implementación de un modelo de gestión comunal. En Perú, en el caso específico de agua y saneamiento, existe una normativa que respalda la constitución y funcionamiento de las Juntas Administradoras de Agua y Saneamiento (JASS), incluyendo una

instancia municipal que le brinde soporte (Unidad Municipal de Agua y Saneamiento - UMAS). El problema sigue siendo desde hace varios años la asignación de recursos para estas instancias, así como la funcionalidad que alcanza la JASS en el ámbito comunal. En el caso del servicio de energía la competencia exclusiva para la provisión de servicios la tiene el Ministerio de Energía y Minas y que en los últimos años ha derivado esta competencia, en parte, a los gobiernos regionales. La gestión se realiza a través de las empresas administradoras del servicio eléctrico, lo cual funciona para las comunidades que alcanzan el servicio mediante la red del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). En los últimos años, sin embargo, se han logrado desarrollar experiencias de concesiones rurales, en sistemas aislados de pequeña escala (sistemas fotovoltaicos domiciliarios - SFD), que permiten acceder al subsidio de la tarifa mediante el Fondo de Compensación Social Eléctrica (FOSE).

En general, la decisión política es un factor clave para la ejecución de proyectos en servicios básicos para la zona rural (las poblaciones aisladas son las menos atendidas), sean estos promovidos por el Estado (en sus instancias local, regional o nacional) o por instancias privadas y de cooperación. Así mismo (al menos en teoría), se cuenta con mejores condiciones para la gestión de los servicios implementados por proyectos promovidos por o en alianza con el Estado, puesto que puede ser un factor que facilite el acceso al subsidio de la tarifa (como en el caso del servicio de energía eléctrica), sin embargo esto depende también de múltiples factores, como aspectos técnicos (especificaciones establecidas por el sector), instancia que promueve el proyecto (en el caso de energía no es sencilla su transferencia si lo promueve un gobierno local), etc.

En proyectos de cooperación internacional, tomando en como base la experiencia de Soluciones Prácticas en proyectos con energías renovables y la implementación del modelo de gestión microempresarial para servicios energéticos comunales, la participación del gobierno local es clave en dos aspectos:

**El aporte monetario** tomando en cuenta que en los últimos años los proyectos de cooperación requieren siempre de una contrapartida local, es fundamental el aporte del gobierno (normalmente local). De esta forma se genera también una relación que permite involucrar al Estado de manera directa tanto en la implementación, como en la gestión de los servicios. Esto es importante en tanto permite fortalecer el rol del gobierno local como principal proveedor de servicios básicos a la población de su jurisdicción.

**El respaldo institucional** constituye un aporte importante para el trabajo social de la institución ejecutora, tanto en el proceso de capacitación como en aspectos organizativos para el modelo de gestión, tomando en cuenta que la municipalidad muchas veces será la propietaria de los sistemas implementados en la comunidad, pero la administración estará a cargo de personas de la localidad.

Contar con el gobierno local como principal aliado del proyecto facilita también el entendimiento de la comunidad respecto a la propiedad de los sistemas. Así, los pobladores entienden que son usuarios del servicio, pero que la propiedad de los equipos o del sistema en su conjunto son de la Municipalidad; y que existen personas que han adquirido (previa formación por parte del equipo ejecutor del proyecto) la responsabilidad de administrar los sistemas y recursos provenientes de la tarifa mensual que los usuarios pagan. Esto ha permitido también en la práctica evitar la politización de los servicios, fortaleciendo la capacidad de toma de decisiones de los actores locales (autoridades y líderes comunales).



## PARA SABER MAS

- ACEMOGLU, D. (2002): Directed technical change. *The Review of Economic Studies*. Vol., 69, No. 4. p. 781-809.
- ALCALDE, A; LÓPEZ, I. (2004): Guía práctica para la integración de la igualdad entre mujeres y hombres en los proyectos de la cooperación española. AECID
- CARSON, R. (1962): *Silent spring*. New York: Houghton Mifflin.
- CEPAL. (1982): Tipificación socioeconómica de los productores en el ámbito rural.
- CHAMBERS, R. (1997): *Whose reality counts? Putting the first last*. Londres: Intermediate Technology Publications.
- CHAMBERS, R. (1983): *Rural Development. Putting The Last First*. Harlow: Longman.
- CERNEA, M. (1985): *Putting people first. Sociological variables in rural development*. New York/London: Oxford University Press – World Bank Publication.
- CORNIA, A. et al. (1987): *Adjustment with a human face*. USA: Oxford University Press.
- DENEULIN, S. (2004): *Desarrollo humano, participación y género*. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, San Salvador.
- DAGNINO, R. et al. (2006): Política científica e tecnológica e tecnología social: Buscando convergencia. En: *Registro do forum nacional da RTS*. Brasilia: Abipti.
- EHRlich, P. (1968): *The population bomb*. New York: Ballantine.
- FERNÁNDEZ-BALDOR, A., BONI, A.; A. HUESO. (2009): *Technologies for freedom: Collective agency-oriented technology for development processes*. Lima: Paper presented at the Human Development and Capability Approach conference. 12-14th September.
- FERNÁNDEZ-BALDOR, A., BONI, A.; A. HUESO. (2012): *Technologies for freedom: una visión de la tecnología para el desarrollo humano*. *Estudios de Economía Aplicada*, v. 30(3), pp. 971-996.
- FRIDE. (2006): *El empoderamiento*. Desarrollo "En Contexto"
- GAVENTA, J. (2006): *Hacia un gobierno local participativo: evaluación de las posibilidades de transformación*. Temas Sociales
- GRIFFIN, K. (1991): *Foreign aid and the cold war*. *Development and change*. Vol. 22, p. 645-685.
- KABEER, N. (1994): *Reversed realities: Gender hierarchies in development thought*. Verso, London.
- LEACH, M.; I. SCOONES. (2006): *The slow race. Making technology work for the poor*. London: Demos.
- LEAL, P. & OPP, R. (1998/99) *Participation and Development in the Age of Globalization*. Development Express.
- LÓPEZ, I.; SIERRA, B. (2000): *Integrando el análisis de género en el desarrollo*. Manual para técnicos. Madrid. IUDC-UCM
- MEADOWS et al. (1972): *The limit of growth: a report to the Club of Rome*. New York: Universe Books.
- MIKKELSEN, B. (1995). *Methods for development work and research. A new guide for practitioners*. Sage Publications
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN DEL PERÚ. Programa "Una laptop por niño ". Disponible en: [http://www.perueduca.edu.pe/olpc/OLPC\\_Home.html](http://www.perueduca.edu.pe/olpc/OLPC_Home.html)

MOTTA, R. (1996): Epistemología de la tecnología: una aproximación a la definición de tecnología y a las nociones de tecnologías adecuadas y/o apropiadas. Buenos Aires: Universidad del Salvador, Vicerrectorado de Investigación.

MURGUIALDAY, C.; VÁZQUEZ, N. (2005): Un paso más: evaluación del impacto de género. Cooperación

PNUD. (2001): Informe sobre desarrollo humano. Poner el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. Madrid: Mundiprensa.

RITZER, G. (1993a): Teoría Sociológica Clásica. Mc GRAW-Hill.

RITZER, G. (1993b): Teoría Sociológica Contemporánea. Mc GRAW-Hill.

ROBB, C. (2004): Changing power relations in the history of aid. En: Groves, L.; Hinton, R. (eds.). Inclusive aid. Changing power and relationship in international development. London: Earthscan.

SCHUMACHER, E.F. (1973): Small is beautiful. Economics as if people mattered. New York: Harper and Row.

SHIVA, V. (2009): The seed and the spinning wheel: The UNDP as biotech salesman. [cited June, 09 2009]. Disponible en: <http://www.poptel.org.uk/panap/latest/seedwheel.htm>.

STREETEN, P. (1981): First things first. Meeting basic human needs in developing countries. Washington: Banco Mundial / London: Oxford University Press.

UNCETA, K. (1996): El hambre como fracaso del desarrollo. En: Incendio frío. Barcelona: Icaria.

UNCETA, K.; YOLDI, P. (2000): La cooperación al desarrollo: surgimiento y evolución histórica. Bilbao: Gobierno Vasco.

YOUNG, K. (1993): Planning development with women: Making a world of difference. McMillan, London.



# Electrificación Rural con energías renovables a pequeña escala

**Pau Lillo  
Jorge Rodríguez**

## LAS ENERGÍAS RENOVABLES COMO ALTERNATIVA PARA LA ELECTRIFICACIÓN RURAL

El consumo de energía es un indicador de desarrollo nacional, ya que cuanto mayor es el consumo per cápita, generalmente más desarrollado está el país (Sánchez, Williams, & Smith, The critical factors for success of stand alone energy schemes, 2006). De hecho, existen muchos estudios en los que se detallan los beneficios del acceso a la electricidad, especialmente en el ámbito rural (Camblong, y otros, 2009) (Pereira, Vasconcelos, & da, 2010) (Zhang & Kumar, 2011). En efecto, la carencia de acceso a la electricidad perpetúa, e incluso acentúa, la situación de pobreza extrema. En cambio, su acceso a nivel local, mejora, entre otros aspectos, los servicios básicos de salud y educación, mejora la armonía familiar y comunitaria, aumenta las posibilidades de ocio, estimula la creación de microempresas y pequeños negocios rurales y supone una puesta en valor de la comunidad, que se traduce en un aumento de sentimiento de dignidad y respeto de los pobladores rurales frente a los urbanos (Spalding-Fecher, 2005) (Kirubi, Jacobson, Kammen, & Mills, 2009) (Kanagawa & Nakata, 2008).

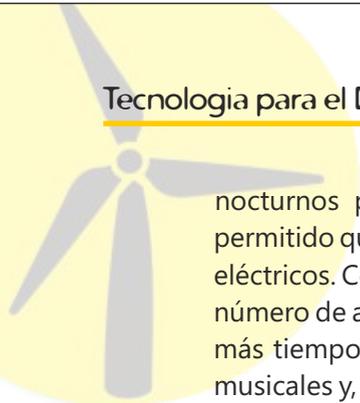
A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis en relación a los impactos que los proyectos de electrificación, considerando solamente el nuevo recurso, la electricidad, han tenido en el bienestar de los usuarios de cuatro comunidades rurales de la región Cajamarca<sup>4</sup>: Parte alta de Alto Perú, electrificada con dos microrredes eólicas; Campo Alegre, electrificada con sistemas híbridos solar-eólica; El Regalado y Chorro Blanco, electrificadas con microcentrales hidroeléctricas.

Los resultados obtenidos de los testimonios de usuarias y usuarios en el conjunto de las cuatro comunidades evaluadas son los siguientes:

- Los **niños y niñas ven ampliadas sus capacidades de adquirir formación** ya que con la electricidad pueden estudiar en las noches, aumentando así las horas de dedicación diarias y mejorando su rendimiento en la escuela.
- La población puede **vivir de manera más saludable**, ya que mejoran los cuidados en la noche en caso de enfermedad, y mejora la calidad del aire en la vivienda, ya que se evita el humo producido por el uso de velas o kerosene. Por otro lado, se produce una modernización de equipamientos en las postas de salud, como son las refrigeradoras eléctricas que permiten tener vacunas de forma continuada, así como repuestos en stock, y las computadoras, que facilitan el trabajo diario de las técnicas de salud. Además, la mejora del alumbrado permite que se minimicen los riesgos en las asistencias nocturnas, en especial durante la atención de partos en las noches.
- Las personas **viven en un entorno familiar más amigable y comunicativo**, ya que se sienten más cómodas y disfrutan de la convivencia familiar en sus casas.
- La población **vive en un entorno más seguro**, ya que están más protegidos frente a robos domésticos y abigeos. La posibilidad de disponer de luz en los patios frontales de las viviendas mejora la sensación de seguridad dentro de las viviendas de los usuarios. La luz les ha servido para reunirse en las noches y para hacer asambleas, con lo que se fortalece la ronda campesina y, con ello, la seguridad de la comunidad. Con el alumbrado público y el del interior de la casa hay más confianza y, además, se reduce el riesgo de incendios por el uso de velas o kerosene.
- Gracias al acceso al servicio eléctrico, ahora pueden **disponer de espacios de ocio individuales y colectivos en la vida diaria**, ya que, por un lado, los habitantes han expresado su satisfacción por poder ver la televisión en las noches<sup>5</sup>, por otro, ahora tienen la capacidad de organizar fiestas y bailes

<sup>4</sup>El análisis fue llevado a cabo en una colaboración entre el Grupo de Estudios en Desarrollo, Cooperación y Ética (GEDCE), Ingeniería Sin Fronteras y Soluciones Prácticas Cajamarca

<sup>5</sup>No obstante, esta nueva opción de ocio también ha sido interpretada como perniciosa por algunos pobladores, ya que muchos niños y niñas sacrifican tiempo de estudio viendo televisión, o ven películas que no son adecuadas para su edad.



nocturnos para celebrar eventos de relevancia para la comunidad. Además, la electricidad ha permitido que algunas personas ahora dediquen parte de su tiempo libre a tocar algunos instrumentos eléctricos. Complementariamente, gracias a un alumbrado de calidad ahora pueden realizar un mayor número de actividades diariamente, sobretodo en la noche, lo cual supone también poder disfrutar de más tiempo para el ocio. No obstante, solo se han encontrado hombres que toquen instrumentos musicales y, en muchos casos, mientras los varones descansan viendo TV, las mujeres están tejiendo o realizando actividades artesanales. Desafortunadamente, si bien éste ha resultado ser un nuevo funcionamiento que ellas han valorado positivamente, la tarea de coser en las noches reproduce el rol reproductivo típicamente asociado a la feminidad, contribuyendo a un anquilosamiento de la estructura social y cultural que perpetúa las desigualdades de género. Además, este hecho conduce a una expansión de las tareas de las mujeres, un mayor número de horas de trabajo frente al incremento y mejora de la calidad del tiempo de ocio de los varones, lo cual se traduce en una mayor desigualdad de la mujer en términos de posición.

- La población tiene **mayor autoestima**. Gracias a que los servicios básicos suponen una puesta en valor de las comunidades, existe un mayor sentimiento de dignidad y respeto. Como se afirmó en el taller con hombres en El Regalado: *"No tenemos envidia de vivir en la ciudad."* Además, la comunidad se vuelve más valorada en su entorno.
- Ahora las personas pueden **vivir en una comunidad más armoniosa y con mejores relaciones vecinales**. Ahora pueden conversar sobre las noticias de la TV y esporádicamente reunirse en la vivienda de algún usuario que disponga de la misma. Complementariamente, gracias al acceso a nuevos medios de comunicación, como los celulares, ahora tienen mayor capacidad para organizarse.
- Ha mejorado la capacidad de **disponer de mayor seguridad económica**, ya que los ingresos de las familias se han visto incrementados tras el proyecto de electrificación gracias a la reducción de gastos en velas, Kerosene, pilas y baterías, que supera al pago actual de la tarifa eléctrica. Complementariamente, cabe destacar el caso de una familia propietaria de una pequeña bodega en Alto Perú que ahora puede permanecer abierta durante más horas, con lo que queda ampliada su cuota de mercado a los viajeros que circulan por la carretera adyacente y así incrementar sus ingresos.

Además, fruto de los proyectos y su potencial transformador han surgido nuevas oportunidades de mejora que la población ha valorado, sobre todo para los niños y niñas que en la actualidad sacan provecho de las bondades de los mismos:

- a) Gracias a la mejora de la educación, las madres valoran que sus hijos e hijas tendrán mejores oportunidades para "saberse defender en la vida", así como mayores oportunidades de encontrar un buen trabajo.
- b) Con la electricidad se abre la posibilidad de crear un turno de noche en la escuela, así como de facilitar el aprovechamiento de los programas de alfabetización de adultos existentes en la actualidad, que han estado infrutilizados por falta de tiempo.
- c) Una vez electrificada la comunidad, podrá aspirar al acceso a internet en el futuro, mejorándose así la calidad de la educación y las posibilidades de comunicación, entre otros.
- d) Ahora sus hijos e hijas tienen mayores oportunidades de convertirse en ciudadanos con principios ya que con la luz se preparan más, estudian más y también pueden ir más a la iglesia, ya que el alumbrado les brinda acceso a los cultos en las noches.
- e) Los jóvenes tendrán mayores oportunidades de ser líderes o promotores en sus comunidades gracias a las capacitaciones y los aprendizajes extraídos del proyecto.

Vista la importancia del acceso al servicio eléctrico, la mayoría de gobiernos están promoviendo la electrificación rural, aunque la estrategia actual de muchos está orientada básicamente a la expansión de la red eléctrica nacional y no tanto a la promoción de las energías renovables. Lamentablemente, en muchos países en vías de desarrollo, incluso cuando la red eléctrica es viable, el servicio es a menudo errático y de poca calidad. (Ferrer-Martí, Garwood, Chiroque, Ramirez, and, & Velo, 2012) Además, el cada vez mayor grado de

aislamiento de las comunidades rurales no electrificadas supone una fuerte barrera al acceso a este servicio debido al incremento en los costes de inversión, a las limitadas capacidades de operación y mantenimiento a causa de la falta de educación y acceso a la información, (ESMAP, 2001), así como a los bajos consumos que se producen (Gouvello, 2002).

En este tipo de contextos, pequeños sistemas aislados de generación de energía, y en especial los sistemas basados en EERR, han sido ampliamente recomendados como opciones para satisfacer la demanda energética en el ámbito rural.

### BENEFICIOS:

- Adecuación a modelos descentralizados.
- Bajos costes de generación.
- Uso de recursos locales.
- Viabilidad de dimensionar los sistemas de acuerdo a la demanda local.
- Ideales cuando el sistema debe operar con bajos factores de carga.
- Posibilidad de ser gestionados localmente.
- Permiten la participación de la población local en la toma de decisiones.
- Generan empleos locales.
- Independientes del suministro de combustibles.
- Respetuosos con el medio ambiente.
- Evitan las costosas e ineficientes pérdidas por transmisión.
- Proveen de independencia energética a los usuarios.

Sin embargo, también existen muchas barreras a la difusión de los sistemas energéticos basados en EERR para la electrificación rural en países en vías de desarrollo.

### LIMITACIONES

- La electrificación rural no se considera un mercado rentable.
- Existe falta de conocimiento, información y capacidad de usar y mantener las instalaciones.
- Falta de operadores e ingenieros especializados.
- Déficit de recambios.
- Débiles o inexistentes marcos legales que regulen este tipo de sistemas.
- Limitadas opciones de financiación.
- Dependencia de los países desarrollados.
- Reducida capacidad de pago de los usuarios que provoca que estos sistemas sean deficitarios económicamente y requieran de subvenciones para asegurar su sostenibilidad.

Para paliar estas debilidades se deben desarrollar y poner en operación instrumentos de participación comunal como parte de un nuevo modelo innovador de financiamiento y gestión, difusión de conocimientos y formación de capacidades locales para facilitar la provisión de estos servicios en el ámbito rural. En este sentido, resulta imprescindible la implantación de tecnologías alternativas en el modelo de electrificación rural, que permita a los habitantes situados en los espacios más alejados acceder a este servicio básico, así como también son vitales los procesos de desarrollo de capacidades en los técnicos/as de las municipalidades y los hombres y mujeres de las comunidades para la gestión y planificación adecuada de los recursos energéticos locales.

## II ENFOQUE DE GÉNERO EN PROYECTOS ENERGÉTICOS

Los proyectos energéticos suponen una herramienta con fuerte potencial para mejorar la posición de las mujeres en el ámbito rural, por lo que deben contener instrumentos y medidas que beneficien directamente a las mujeres, reduciendo la brecha de desigualdad en relación a los hombres. En las zonas rurales, las mujeres asumen el rol reproductivo en la familia, permaneciendo en la vivienda durante más horas que los hombres, con lo que su interacción con el servicio eléctrico es mayor. Sin embargo, la participación de las mujeres en la toma de decisiones generalmente es escasa o nula, siendo su grado de acceso y control sobre las fuentes energéticas mucho menor al de los hombres.

Por esa razón, la estrategia de implementación de proyectos energéticos debe ser concebida para abordar las inequidades de género, promoviendo cambios en los roles entre hombres y mujeres y el empoderamiento femenino, particularmente. Para ello, durante la fase de identificación de los proyectos, debe ser llevado a cabo un análisis de género en el que se pueda conocer la realidad de la comunidad y, en especial, las diferencias de género. Con esta información, podrán diseñarse estrategias y metodologías a implementar en el proceso del proyecto que faciliten y maximicen los beneficios para las mujeres. En particular, en proyectos energéticos, esto supone centrar los esfuerzos en la participación y fortalecimiento de capacidades de las mujeres, de forma que dejen de ser beneficiarias pasivas y se conviertan en agentes de su propio cambio. En este sentido, las estructuras organizativas creadas para gestionar los sistemas energéticos<sup>6</sup> constituyen un espacio con gran potencialidad para promover el avance de la mujer a nivel local, así como un mayor cumplimiento de los aspectos de género establecidos en los proyectos.

Por otra parte, las profesiones de tipo técnico, y en particular las relacionadas con la energía, suelen ser mayoritariamente ocupadas por hombres, lo cual es una de las razones por las cuales, en el pasado, la mujer no ha sido considerada específicamente en los procesos de planificación energética. Por esa razón, y para que realmente se produzca un cambio en este sentido, es necesario que existan procesos de formación en enfoque de género para los profesionales que trabajan en los proyectos energéticos, los cuales a menudo perciben las cuestiones de género como irrelevantes, complejas o que exigen tiempo y recursos excesivos. Esta formación debe sensibilizar a los equipos técnicos sobre la importancia de las desigualdades de género, así como dotarlos de los instrumentos y metodologías para garantizar la implementación de los componentes de género establecidos en los proyectos. Con todo, la aplicación de un enfoque de género en el sector energético contribuirá a:

- Identificar los impactos específicos de este tipo de proyectos en mujeres y niñas.
- Satisfacer las necesidades e intereses estratégicos de las mujeres, tanto en el sector público, como en el productivo, no solo en el doméstico.
- Mejorar la equidad en las relaciones entre mujeres y hombres.
- Fomentar la participación de las mujeres, su acceso y control sobre los recursos, de forma que se logre un empoderamiento efectivo de éstas.

A continuación se plantean las siguientes propuestas metodológicas a implementar en los proyectos con la intención de amplificar la capacidad transformadora de los mismos en términos de equidad de género:

- Llevar a cabo un **diagnóstico de género**, imprescindible para una adecuada definición de la estrategia a emplear en los proyectos. Para ello, se pueden emplear herramientas como la disgregación de datos por género, realización de focus groups con hombres y con mujeres por separado, asegurar un 50% de mujeres entrevistadas en esta fase, análisis de roles y usos del tiempo, análisis de intereses estratégicos y necesidades prácticas de hombres y mujeres, etc.

<sup>6</sup>Ver capítulo "Modelo de gestión de los sistemas eléctricos rurales"

- Se deben llevar a cabo talleres y focus group con la población, incluyendo estrategias que permitan la **participación activa de la mujer**, de manera que el diseño del proyecto se realice de forma participativa y multilateral. Con esto se pretende conseguir un mayor nivel de apropiación del proceso por parte de la población y que se reconsidere la participación más como una herramienta transformadora e intensificadora del empoderamiento individual y colectivo que legitimadora de las intervenciones y mera promotora de la sostenibilidad de los sistemas.
- Sería conveniente definir una figura de **coordinadora**, con la cual la institución ejecutora del proyecto se pondría en contacto para planificar las reuniones, de forma que la disponibilidad de tiempo de las mujeres sería particularmente considerada, adaptándose el equipo técnico a la disponibilidad de la población y no a la inversa. De esta manera se verían mejorados los niveles de asistencia a los espacios de toma de decisiones, tanto por parte de las mujeres como también de los hombres.
- Complementariamente, sería conveniente establecer **reuniones o talleres independientes** entre hombres y mujeres para asegurar la participación de éstas, ya que se ha demostrado una acusada desigualdad de poder que cohibe a la mujer a la hora de expresar en público sus opiniones y defender sus posicionamientos políticos e ideológicos cuando hay hombres presentes.
- En cuanto a las **capacitaciones**, en primer lugar se ha identificado que la temática de las capacitaciones que se llevan a cabo en la actualidad adolece de excesiva tecnicidad. Por tanto, podría definirse un plan de capacitaciones más integral, diferenciando entre grupos con distintas necesidades e intereses estratégicos dentro de una misma comunidad. En este punto, merecen una particular consideración las mujeres como sector especialmente vulnerable tanto en términos de condición como de posición respecto al hombre. Por esta razón, deberían ser incluidos talleres de fortalecimiento específico de organizaciones de mujeres, así como realizar capacitaciones que atiendan a los intereses estratégicos específicos de la mujer identificados en el diagnóstico de género, que refuercen su autoestima y poder propio y que fortalezcan sus capacidades de argumentación, de discurso en público, etc. de forma que se mejore su predisposición a participar activamente en las reuniones. Por último, deberían incluirse talleres de capacitación con hombres en los que se discuta la concepción de masculinidad y la estructura de sociedad androcéntrica, con la intención de transformarla y lograr un mejor reparto de roles que libere a la mujer de ciertas responsabilidades reproductivas y le permita asumir otras nuevas de tipo político y/o productivo.
- Debería promoverse la inclusión de la mujer en los puestos de **responsabilidad** en el modelo de gestión de los sistemas. Una opción sería establecer cuotas de participación femenina en el mismo, así como imponer que o bien el papel de operador o bien el de administrador fuese desempeñado por una mujer, lo cual ayudaría a hacer ver a la comunidad que tanto los puestos de responsabilidad como los trabajos de tipo técnico no tienen por qué ser desempeñados únicamente por hombres, fortaleciéndose así el empoderamiento de las mujeres.

## ALTERNATIVAS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL ÁMBITO RURAL

En la actualidad existen maneras muy diversas de generar electricidad, tanto de forma convencional como a partir de recursos renovables. Sin embargo, dada su adecuación a la problemática particular de la electrificación rural, como se ha explicado, en este capítulo solo se describirán estas últimas. En particular, nos centraremos en los sistemas con Microcentrales Hidroeléctricas, Sistemas Eólicos y Sistemas Solares Fotovoltaicos, a pequeña escala.

### 3.1 Microcentrales Hidroeléctricas

Las microcentrales hidroeléctricas son sistemas que aprovechan la energía cinética y potencial del agua para transformarla en electricidad disponible para su uso en las mismas condiciones que la red eléctrica nacional. Estas instalaciones se construyen generalmente en los cauces de los ríos desviando una parte del caudal y transportándolo hacia una turbina que convertirá la energía del agua en electricidad a través de un generador eléctrico. Una vez ha cedido su energía, el agua es restituida al río a través del canal de descarga.

La capacidad de generación eléctrica de estos sistemas depende de dos parámetros fundamentales: el caudal y la altura del salto de agua que se puede aprovechar. Así, cuanto mayor sea la cantidad de agua que ingresa a la turbina por segundo y más elevada esté situada la toma de agua respecto de la turbina, mayor será la potencia eléctrica generada.

En la zona andina son numerosos los lugares aptos para el desarrollo de la energía hidráulica a pequeña escala, disponiendo así de un gran potencial para satisfacer las diversas necesidades energéticas que pueden existir para distintos actores, como entidades locales, parques naturales, usuarios aislados, núcleos familiares, caseríos, empresas agrícolas y establecimientos de turismo rural, artesanos, pequeñas industrias, etc.

La microhidráulica se presenta a menudo como la tecnología más barata para electrificación rural en relación a la potencia generada y a la vida útil del sistema. Sin embargo, una central hidroeléctrica de pequeña escala necesita una inversión de capital inicial considerable a pesar de que sus costes de operación son bajos.

Generalmente, este tipo de sistemas cuentan con el mejor ratio coste/kWh producido. Si a esta situación añadimos que se trata de la tecnología que proporciona un servicio de mayor calidad (producción continua, sin necesidad de sistemas de almacenamiento de energía, y generación directamente en corriente alterna), las microcentrales hidroeléctricas se han consolidado como la opción óptima en sistemas de electrificación rural aislados.

No obstante, no siempre se dispone del recurso hidráulico necesario para abastecer a una comunidad o a un centro productivo, por ejemplo. Por esta razón, se deben realizar mediciones precisas del recurso disponible, teniendo en cuenta el caudal disponible tanto en época de lluvias como en la época de estiaje, para realizar una estimación lo más ajustada posible de la capacidad de generación de la central y comprobar así si se trata de la opción tecnológica más adecuada para satisfacer la demanda energética.

#### INSTALACIONES HIDROELÉCTRICAS DE PEQUEÑO TAMAÑO

Minihidráulica es el término con el que la UNIDO (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial) denomina a las centrales hidroeléctricas de potencia inferior a 10 MW. Dentro de la mini-hidráulica, puede realizarse la siguiente clasificación: Picocentrales ( $P < 5 \text{ kW}$ ), Microcentrales ( $P < 100 \text{ kW}$ ), Minicentrales ( $P < 1.000 \text{ kW}$ ), Pequeñas centrales ( $P < 10.000 \text{ kW}$ ).

La clasificación de los sistemas de minihidráulica es una convención útil para reflejar diferentes modalidades de funcionamiento. En países latinoamericanos, se consideran centrales mini-hidráulicas aquellas con una potencia instalada de 10 MW o menos, una frontera que hasta hace poco se situaba en los 5 MW. Cabe remarcar que una microcentral no es una central convencional a escala reducida. Una turbina de unos cientos de kilovatios tiene un diseño completamente distinto del de otra de unos cientos de megavatios. Desde el punto de vista de obra civil, una microcentral obedece a principios distintos a las grandes centrales alimentadas por enormes embalses, los cuales pueden causar serios impactos negativos, tanto sociales como ambientales.

En particular, los grandes proyectos hidroeléctricos con grandes represas provocan:

- Inundación de grandes áreas de bosque.
- Interrupción del curso del río y de los procesos reproductivos y migratorios de especies acuáticas.
- Disminución del caudal aguas abajo de la represa (caudal ecológico).
- Afectación de la calidad del agua por la acumulación de sedimentos tóxicos en los embalses.
- Pérdida de hábitats naturales y biodiversidad por la fragmentación de ecosistemas.
- Emisión de altas cantidades de gases de efecto invernadero.
- Pueden aumentar los vectores de enfermedades como la malaria y el dengue (por la proliferación de insectos y parásitos en el agua embalsada).
- Empeoramiento de la salud (por la aparición de insectos)
- Desplazamiento de personas, que genera:
  - Alteración de su forma de vida.
  - Alteración de actividades económicas.
    - \*Pérdida de áreas productivas (por inundación)
    - \*Pérdida de recursos pesqueros aguas arriba y aguas abajo (por interrupción del curso del río).
- Incentiva la migración desordenada (por nuevas oportunidades de empleo).
- Pérdida de patrimonio cultural.
- Vulneración de derechos de pueblos indígenas.
- Posible fuente de conflictos socioambientales.

En este capítulo solo nos centramos en sistemas a pequeña escala, que no causan ninguno de los impactos anteriores.



### INSTALACIÓN HIDROELÉCTRICA TÍPICA

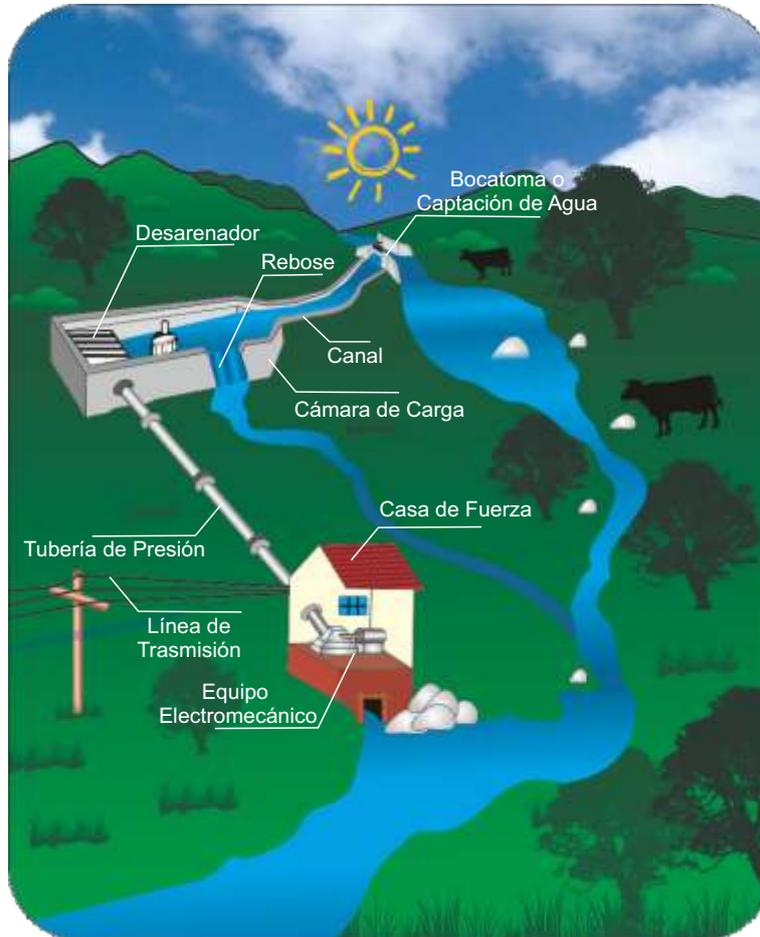
De forma general, una instalación hidroeléctrica consta de los siguientes componentes:

- **Sistema de toma de agua**, cuya configuración depende de la tipología del curso de agua interceptado y de la orografía de la zona.
- **Sistema de filtrado**, para la eliminación de cuerpos en suspensión en el agua. Su tipología depende de la magnitud del caudal derivado y de las características de los sólidos transportados por el flujo hídrico.
- **Sistema de conducción de agua**, formado por canales o conductos forzados.
- **Casa de máquinas**, la cual contiene en su interior los sistemas electromecánicos (grupo turbina-generator, transformador, contadores, cuadro eléctrico y sistemas de control).

- **Sistema de restitución**, el cual devuelve el agua a su cauce original tras ser aprovechada su energía.
- **Red de distribución**, que transporta la electricidad generada hasta los diferentes puntos de consumo.

A continuación se muestra un esquema del conjunto de la instalación, así como una explicación detallada de cada uno de sus componentes:

**Ilustración 1: Microcentral Hidroeléctrica**



**Fotografía 2: Bocatoma**

### **BOCATOMA**

Es el elemento encargado de desviar el agua que será empleada por la central desde su cauce original hacia el canal de conducción. Asimismo, está diseñada para impedir el ingreso de materiales sólidos flotantes, ya que pueden ocasionar desperfectos en el resto de la instalación.

Para su construcción se usan generalmente estructuras de cemento o una combinación de cemento y madera. Sin embargo, cuando se trata de centrales muy pequeñas, pueden utilizarse piedras, barro y ramas, de forma similar a las bocatomas que se construyen para desviar el agua de riego de su cauce principal.



Fotografía 3: Canal de Conducción



### CANAL DE CONDUCCIÓN

Es el encargado de conducir el agua desde la bocatoma hacia la cámara de carga y puede ser de tierra o revestido con cemento, en caso de tratarse de canales abiertos, o tubos de PVC u otros materiales en caso contrario. Para reducir costes de construcción, puede ser empleado un canal de riego preexistente.

### DESARENADOR

Se trata de una expansión del canal de conducción en la parte final del mismo, donde el agua reduce su velocidad y se produce la sedimentación de las partículas de tierra y arena que son arrastradas a lo largo del canal evitando su ingreso a la tubería de presión, ya que podrían causar averías o desgaste prematuro en la turbina.

Fotografía 4: Desarenador



Fotografía 5: Cámara de Carga



### CÁMARA DE CARGA

En pequeñas centrales la cámara de carga se sitúa junto al desarenador, actuando como una reserva de agua limpia para mantener la presión de caída en la tubería forzada y evitar la entrada de aire en la misma.

Es importante proteger las turbinas ante los daños provocados por sólidos en suspensión en el agua, fragmentos de hielo, troncos y otros desechos. Por esta razón, se pueden colocar rejillas en la entrada de la cámara de carga con el fin de protegerlas de posibles daños.



### TUBERÍA DE PRESIÓN

Es la encargada de transportar el agua desde la cámara de carga hasta la turbina. Estas tuberías pueden estar construidas en polietileno, PVC o acero. Sin embargo, debido a su menor precio, facilidad de transporte e instalación, así como su capacidad de soportar elevadas presiones, las tuberías de PVC son la opción más utilizada en microcentrales. Cabe remarcar que, en este caso, la tubería debe ser enterrada para evitar los efectos adversos de la radiación solar, la cual puede causar daños en este componente.

Fotografía 6: Tubería de presión



Fotografía 7: Casa de Máquinas



### CASA DE MÁQUINAS

Es el ambiente donde se instalan todos los equipos de generación y control. Asimismo, es donde se ubica el canal de descarga, que devuelve el agua a su cauce original. Adicionalmente, puede ser usada para guardar herramientas, repuestos y equipos que serán utilizados en las tareas de operación y mantenimiento de la microcentral.

### EQUIPO ELECTROMECAÁNICO

El equipo electromecánico engloba todos aquellos componentes que se encuentran en el interior de la casa de máquinas, tomando parte en el proceso de transformación energética. Los componentes más importantes son: turbina, generador, tanque de resistencias, tablero de control y regulador electrónico.

Fotografía 8: Equipo Electromecánico



Fotografía 9: Red de Distribución



### RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución es la encargada de transportar la energía eléctrica desde la casa de máquinas hasta el usuario final. Cuando la casa de máquinas se encuentra lejos de la comunidad (por ejemplo, a más de 800 metros), es necesaria la instalación de una red en media o alta tensión, debiéndose utilizar transformadores.



### OPCIONES TÉCNICAS

- En función del tipo de central, se puede establecer la siguiente clasificación:
  - **Aprovechamientos de agua fluyente**, que captan una parte del caudal del río, lo trasladan hacia la central y, una vez utilizado, es devuelto al cauce original.
  - **Centrales a pie de presa con regulación propia**, que se sitúan debajo de los embalses, aprovechando el desnivel creado por la propia presa.
  - **Centrales en canal de riego o tubería de abastecimiento de agua.**

En proyectos de electrificación rural, el tipo de instalación utilizado mayoritariamente son los aprovechamientos de agua fluyente, es decir, aquellos aprovechamientos que no disponen de embalse regulador, de modo que la central trabaja mientras el caudal que circula por el cauce del río es superior al mínimo requerido por las turbinas instaladas, y deja de funcionar cuando desciende por debajo de ese valor. La desventaja de este tipo de sistema es que el agua no se puede almacenar durante la época de lluvias para ser usada en la época seca. Sin embargo, la gran ventaja de este sistema es que puede ser construido localmente a un bajo costo y su simplicidad le confiere una gran confiabilidad técnica a largo plazo. Además, los sistemas de derivación son preferibles desde el punto de vista de daños ambientales, dado que las características estacionales del flujo aguas debajo de la instalación no son afectadas y tampoco hay necesidad de inundar los valles ubicados aguas arriba de la instalación.



### RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA

Las microcentrales hidráulicas aquí descritas precisan de la existencia una persona encargada de su operación y mantenimiento diariamente. El mantenimiento de rutina de la turbina y el equipo utilizado en la casa de máquinas debe estar asegurado, así como la inspección de las obras civiles (es decir, el canal de conducción, el desarenador y cámara de carga, tubería forzada, etc.). Periódicamente deben ser eliminados los sedimentos del fondo del desarenador, así como deben ser limpiadas las rejillas que impiden el paso de sólidos flotantes, como hojas o ramas.

Es importante señalar que debe existir un plan de seguridad de la instalación dentro del cual deben estar desarrolladas tanto las actividades de formación/capacitación de los operadores de la misma, así como las medidas de seguridad a cumplir para el correcto funcionamiento de la misma.

Si el mantenimiento del sistema es adecuado, las instalaciones hidroeléctricas de pequeña escala tienen una vida muy extensa. Así, las obras civiles (casa de máquinas, canal, bocatoma, etc.) tienen una vida útil de hasta 50/60 años, mientras que los componentes electromecánicos (turbina, generador, etc.) tienen una vida útil estimada de entre 20 y 30 años.

### 3.2 Sistemas Solares Fotovoltaicos

La energía solar fotovoltaica (SFV) es una forma de aprovechamiento de la radiación solar que se efectúa a través de una célula fotovoltaica. Este tipo de sistema es capaz de convertir esta radiación en electricidad de una forma directa e inmediata.

La radiación es aprovechable en sus componentes directa, difusa y reflejada. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar sin alteraciones. La radiación difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos. La radiación reflejada es la que proviene por la reflexión en el entorno terrestre (objetos, edificios, árboles, etc.). La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas las direcciones.

De esta forma, la energía proveniente del sol es capturada por un panel fotovoltaico que transforma ésta en energía eléctrica. La electricidad de salida del panel es acondicionada por un controlador de carga para que ésta pueda ser efectivamente almacenada por las baterías, de forma que esté disponible cuando el usuario lo requiera. Finalmente, la corriente continua que sale de las baterías es transformada en corriente alterna gracias al inversor, de forma que el usuario final puede disponer de un servicio eléctrico con las mismas características que el proporcionado por la red eléctrica.

#### INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS DE PEQUEÑO TAMAÑO

La energía solar fotovoltaica es uno de los recursos energéticos más apropiados para llevar la electricidad al medio rural, gracias a sus propiedades de modularidad, autonomía, bajo mantenimiento y nula contaminación en su operación, que caracterizan esta tecnología energética.

En las zonas rurales, los sistemas fotovoltaicos se utilizan principalmente para proveer energía eléctrica con el fin de abastecer o mejorar los servicios básicos de las poblaciones y mejorar la calidad de vida de las mismas, muchas veces a través de la promoción o mejoramiento de las actividades rurales. En este sentido, solo se hará referencia en esta publicación a este tipo de usos que requieren instalaciones con bajos requerimientos de generación de energía eléctrica.

Se puede emplear la energía fotovoltaica en las mismas aplicaciones que cualquier sistema generador de electricidad. Sin embargo, las cantidades de energía que se pueden obtener de un sistema fotovoltaico están limitadas por la capacidad de generación y almacenamiento de los equipos y por la disponibilidad del recurso solar. Algunas de las aplicaciones son: iluminación, funcionamiento de radios receptoras AM/FM y reproductores de CC/DVD, pequeños televisores, carga de teléfonos celulares, bombas de agua, cercos eléctricos, purificadores de agua, refrigeradores de vacunas y equipos profesionales de radiocomunicación.

**Fotografía 10: Instalación solar fotovoltaica**





## INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA TÍPICA

Los tipos de sistemas fotovoltaicos que podemos encontrar pueden ser diversos, dependiendo de la generación, distribución y suministro. Pero todos ellos tienen una serie de componentes que son comunes y que consisten en:

- **Paneles fotovoltaicos**, que son los encargados de transformar la energía de la radiación solar en electricidad.
- **Baterías o acumuladores**, que nos permitirán almacenar la energía para luego utilizarla.
- **Reguladores o controladores de carga**, que nos ayudarán a gestionar esa energía.
- **Inversores**, que cuando se necesite transformar la Corriente Continua (CC) en Corriente Alterna (CA) requeriremos de ellos.

Presentamos un esquema básico de estos componentes:

**Ilustración 2: Esquema de instalación de los distintos componentes que integran un sistema fotovoltaico aislado individual básico.**



A continuación explicamos con mayor detalle el funcionamiento, tipos y otra información de interés que debemos saber de estos componentes.

### PANEL SOLAR

La unidad básica de un sistema fotovoltaico es la celda fotovoltaica. Las celdas son dispositivos eléctricos de un espesor cercano a una centésima de pulgada que convierte la luz del sol en corriente eléctrica directa gracias al efecto fotovoltaico. Éstas no consumen combustible y tienen un promedio de vida útil de al menos 25 años.

Un módulo es un conjunto de celdas fotovoltaicas conectadas en serie o serie-paralelo para producir los voltajes y corrientes deseados. La mayoría de celdas produce medio Volt. Por lo tanto, un módulo típico de

36 celdas tendrá un voltaje de operación de 18 V bajo condiciones normalizadas de prueba (CNP) y un voltaje o tensión nominal de 12 V. Las celdas fotovoltaicas están encapsuladas en un armazón para protegerlas de las inclemencias del tiempo y otros factores ambientales.

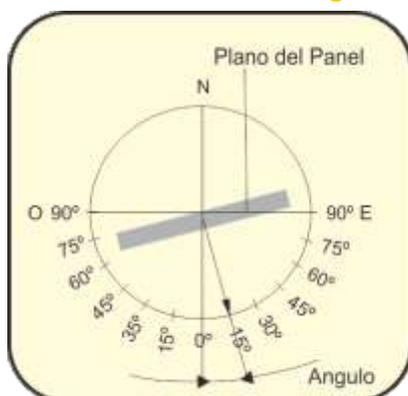
El comportamiento de la salida de los módulos fotovoltaicos se ve afectado por los siguientes factores principales:

- **Resistencia de la carga:** Cuando se acopla directamente a un módulo fotovoltaico, la carga determina el voltaje al cual operará el módulo. Por ejemplo, en un sistema de baterías con un voltaje nominal de 12 V, el voltaje de la batería se encuentra usualmente entre 11.5 V y 15 V. Para cargar las baterías, los módulos deben operar a un voltaje ligeramente superior.
- **Intensidad de la radiación solar:** La corriente que entrega un módulo es proporcional a la intensidad de la radiación a la que está expuesto. Es decir, una mayor intensidad de la luz solar dará lugar a una mayor salida del módulo.
- **Temperatura de la celda:** Según aumenta la temperatura de la celda por encima de la temperatura de operación estándar de 25° C (temperatura de la celda, no del ambiente), el módulo opera menos eficientemente y el voltaje de salida disminuye. Por tanto, la capacidad de generación de energía eléctrica de un panel solar es mayor en climas fríos.
- **Sombreado:** Incluso un sombreado parcial de los módulos fotovoltaicos puede resultar en una reducción notable de la energía eléctrica generada. Por tanto, localizar los obstáculos que producen sombra es una parte extremadamente importante de la evaluación del lugar donde finalmente estará instalado el panel solar. De hecho, la capacidad de un sistema completo puede ser disminuida y la inversión del usuario socavada por una desestimación del efecto del sombreado.
- **Ángulos de inclinación y orientación:** Se define el posicionamiento de los paneles por el ángulo de inclinación y el ángulo acimutal. El ángulo de inclinación es el ángulo entre la horizontal y el panel. El ángulo acimutal describe la desviación del plano del panel con respecto a la dirección norte. En cuanto al ángulo de inclinación, éste debe ser aproximadamente el correspondiente a la latitud del lugar, es decir, aproximadamente 10° en el caso de Perú. Cabe señalar que variaciones de +/- 10° con respecto al ángulo de inclinación indicado, no afectan sensiblemente al rendimiento del equipo. En cuanto al ángulo acimutal, los paneles deben orientarse al Norte en el caso de países del hemisferio Sur.

Fotografía 11: Panel Solar



Ilustración 3: Ángulo de inclinación y acimutal de paneles solares

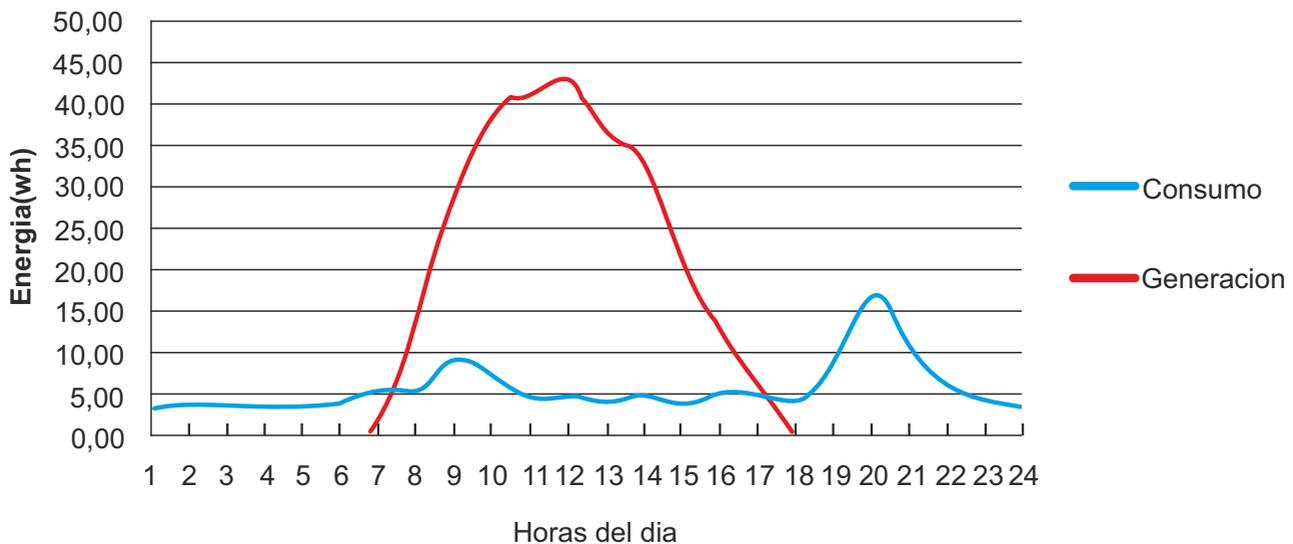


## BATERÍAS O ACUMULADORES

En general, la generación de electricidad no coincide en el tiempo con las horas de mayor uso de la energía. Por ejemplo, la generación se produce por el día, mientras que el alumbrado se usa mayormente en la noche. Adicionalmente, y en especial en el ámbito rural, los usuarios suelen estar fuera de su domicilio durante gran parte de las horas de sol, debido al horario laboral.

La figura siguiente muestra las curvas ponderadas de un mes de generación y consumo, medidas en una comunidad rural de la zona norte de los Andes peruanos.

**Gráfico 1: Curvas superpuestas de generación y consumo energético ponderado mensual de una vivienda rural en la comunidad de Campo Alegre, Cajamarca (Perú).**



Como se puede observar en la figura anterior, la generación supera al consumo entre las 8 y las 17 horas aproximadamente, existiendo un gran excedente durante este período. En cambio, entre las 18 y las 7 horas las necesidades de electricidad superan a la disponibilidad energética.

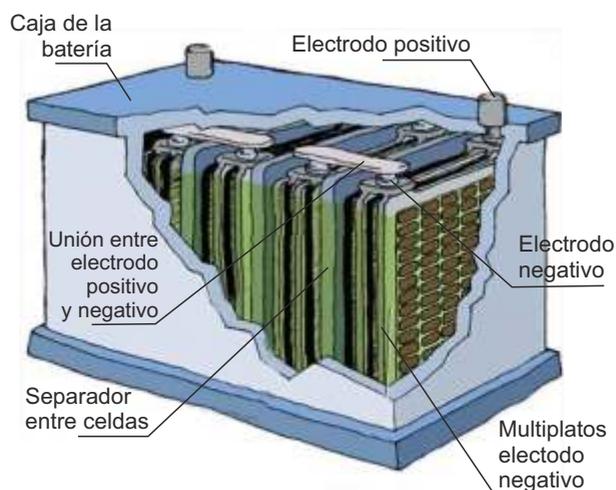
Por estas razones, se necesitan equipos apropiados para almacenar la energía eléctrica cuando existe radiación, de forma que pueda ser utilizada cuando se requiera. El almacenamiento de la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos se hace a través de las baterías o acumuladores, que son los dispositivos que almacenan por medios químicos la energía eléctrica producida por el panel. Su capacidad, medida en Amperios hora (Ah), es determinada para cada aplicación específica, teniendo en cuenta que debe poder almacenar y entregar energía por varios días, siempre que el consumo sea optimizado, logrando tener energía en los días que el panel funcione débilmente a causa de la escasa radiación.

Las baterías más comúnmente usadas en sistemas fotovoltaicos (así como también en los eólicos) son las baterías de plomo-ácido. Estas baterías se asemejan mucho a las baterías de automóvil, sin embargo, las baterías para automoción no se recomiendan para aplicaciones eólicas (ni tampoco para las fotovoltaicas), ya que no están diseñadas para "ciclos profundos". Estos sistemas de electrificación rural a menudo necesitan una batería para descargar pequeñas cantidades de corriente durante largos períodos de tiempo y que sea resistente a la recarga en condiciones irregulares. Así, mientras una batería de automóvil puede abastecer sin ningún problema, por ejemplo, 100 amperios durante 2 segundos, una batería de ciclo profundo puede abastecer 2 amperios durante 100 horas. Además, las baterías de ciclo profundo pueden ser descargadas hasta en 80% de su estado de carga (en general, se recomienda mantener bajos niveles de descarga máxima para incrementar la vida útil de las baterías).

Las baterías de ciclo profundo son un componente muy importante de todo el sistema aislado pues realizan tres funciones esenciales para el buen funcionamiento de la instalación:

- Almacenan energía eléctrica en periodos de abundante viento y/o bajo consumo de energía eléctrica. Existen muchos momentos del día en que el aerogenerador produce más energía de la que realmente se consume en ese momento y esta energía no utilizada es almacenada en la batería.
- Proveen la energía eléctrica necesaria en periodos de baja o nula velocidad de viento. Los artefactos eléctricos pueden funcionar correctamente gracias a la energía que la batería ha almacenado durante el período de exceso de generación.
- Proveen un suministro de energía estable y adecuado para la utilización de aparatos eléctricos. La batería provee energía eléctrica a un voltaje relativamente constante y permite, además, operar aparatos eléctricos que requieran de una corriente mayor que la que pueden producir los aerogeneradores (aún en los momentos de mayor viento), como por ejemplo durante el encendido de un televisor o durante el arranque de un pequeño motor eléctrico.

**Ilustración 4: Batería de plomo ácido**



### EL REGULADOR O CONTROLADOR DE CARGA

El regulador de carga es un componente electrónico situado entre el panel y las baterías. Este elemento está diseñado para cumplir diversas funciones, entre las cuales las más importantes son adaptar el voltaje de salida de paneles para un correcto proceso de carga de las baterías y evitar que éstas sean sobrecargadas por el sistema de paneles. Si la batería ya está cargada, el regulador interrumpe el paso de corriente de los módulos hacia ésta.

**Fotografía 12: Regulador de Carga**



Adicionalmente, los controladores fotovoltaicos protegen a las baterías de ser descargadas excesivamente por las cargas de consumo en corriente continua, alargando así su vida útil. Estos elementos "observan" constantemente el voltaje de la batería y, en el caso de llegar al límite inferior de carga, interrumpen el flujo de corriente hacia las cargas en corriente continua.

Otra misión del regulador se centra en evitar que, debido a una tensión excesiva proporcionada por el panel, éste pueda en algún momento sobrecargar la batería, con el consiguiente perjuicio que pueda ocasionar a la vida de este componente.

En definitiva, el regulador de carga es un equipo capaz de evitar la sobrecarga (o sobre descarga) del acumulador a la vez que limita la tensión a unos valores adecuados para el mantenimiento, en estado de flotación, del grupo de baterías. Generalmente, el regulador de carga es uno de los elementos más confiables de todo sistema fotovoltaico, siempre y cuando se dimensiona e instala correctamente.

## EL INVERSOR

Proveer adecuadamente energía eléctrica no sólo significa hacerlo en forma eficiente y segura para la instalación y las personas, sino que también significa proveer energía en la cantidad, calidad y tipo que se necesita.

La corriente alterna (CA) es más fácil de transportar y se ha convertido en el estándar moderno convencional. Como es sabido, las baterías sólo pueden almacenar y proveer energía mediante corriente continua (CC). Por otra parte, la mayoría de lámparas, radios y televisores necesitan 220 V de corriente alterna y entre 50 y 60 Hz para funcionar. Estos aparatos eléctricos se pueden adquirir en cualquier comercio pues éstos son los voltajes con los que operan el 95% de los electrodomésticos en los sistemas conectados a la red pública convencional. Por ello, es necesario un elemento intermedio entre baterías y cargas que transforme la corriente continua en corriente alterna.

Los inversores son los equipos electrónicos que cumplen esta función. Su uso en aplicaciones de este tipo hace que las instalaciones puedan utilizar equipos estándares del mercado a 220V y 50Hz, lo cual tiene dos ventajas básicas:

- Permite a los usuarios acceder a una mayor gama de productos y a un menor precio, ya que los aparatos eléctricos que funcionan con CC son más escasos y tienen costos elevados.
- Facilita el uso, ya que estamos acostumbrados a manejar 220 V en CA en nuestra vida cotidiana.

Fotografía 13: Inversor



## OPCIONES TÉCNICAS

En primer lugar, al igual que ocurre con los sistemas eólicos, se pueden clasificar los sistemas fotovoltaicos en función de cómo se distribuye la energía. En este caso, la aplicación más frecuente y generalizada de la energía solar fotovoltaica es la electrificación de viviendas rurales a través de sistemas individuales, ya que resulta una alternativa tecnológica muy simple, de elevada confiabilidad y reducido costo. Sin embargo, en los casos en que existan núcleos de viviendas cercanas puede ser más adecuado instalar sistemas centralizados.<sup>7</sup>

Otro tipo de clasificación de este tipo de sistemas está basado en el suministro eléctrico. En este sentido, en función de los componentes que integren la instalación, se puede ofrecer un servicio eléctrico en corriente continua, en corriente alterna o en ambas simultáneamente.

- **Sistemas de Corriente Continua (CC):** En este caso, las cargas van conectadas directamente al controlador de carga. De esta manera, sólo se podrán utilizar cargas que funcionen en corriente continua, al voltaje de salida del controlador, que normalmente son 12V, aunque podemos encontrar instalaciones donde exista convertidores de CC/CC que nos permitan tener salidas de otros voltajes menores (9V / 6V / 3V) para el uso directo en pequeños artefactos. Con este tipo de instalaciones, el controlador es el que se encarga de abrir el circuito de las cargas cuando la batería se encuentra en su límite de descarga. La ventaja principal de los sistemas así instalados es el ahorro que supone el prescindir del inversor. Éste un componente con un elevado coste, que incrementa la inversión inicial y además añade pérdidas energéticas.

<sup>7</sup>Ver apartado de *Opciones Técnicas* en la sección de *Eólica a pequeña escala*

Sin embargo, en instalaciones domésticas, suele ser más caro adquirir artefactos funcionando en CC a 12V que los que funcionan en CA a la tensión de la red. Evidentemente los fabricantes ofrecen una amplia gama de productos con las características de funcionamiento adecuadas a la red eléctrica nacional, dado que la mayor parte de los usuarios están electrificados de esta manera, de forma que se reduce mucho el costo por economías de escala.

- **Sistemas de Corriente Alterna (CA):** En este caso, es necesario incluir un inversor en la instalación. Este elemento se conecta directamente a la batería, proporcionando un servicio eléctrico en corriente alterna. De esta manera se simplifica y se abarata la adquisición de componentes eléctricos, sobretodo en instalaciones domiciliarias, como se ha explicado anteriormente. En este caso, es el inversor el que ejerce de controlador de sobredescarga de la batería, abriendo el circuito de las cargas cuando la batería se encuentra en su límite de descarga. Estos sistemas son más caros y ligeramente menos eficientes que los anteriores, pero son los más extendidos en sistemas domiciliarios por simplicidad en la adquisición de los artefactos eléctricos más comunes.
- **Sistemas mixtos:** Generalmente, los sistemas en CA anteriormente descritos ofrecen la posibilidad de conectar paralelamente cargas en CC. En efecto, se pueden conectar por un lado cargas que trabajen en CA a la tensión de la red al inversor y, por otro, cargas en CC a la tensión de salida del controlador conectadas directamente a éste y evitando las pérdidas que se producen en el inversor. De esta forma, podemos hacer funcionar nuestro sistema de forma más eficiente solo conectando cargas en CC, de forma convencional con cargas en CA, o con la combinación de ambos que resulte más adecuada a cada usuario.



### RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA

En general, los sistemas solares fotovoltaicos no requieren de grandes esfuerzos en términos de operación y mantenimiento, lo cual supone una de sus grandes ventajas. Sin embargo, se deben realizar periódicamente las siguientes tareas para asegurar su correcto funcionamiento y sostenibilidad.

#### EN EL PANEL SOLAR

El panel solar necesita muy poco mantenimiento:

- Limpiar periódicamente con agua y detergente suave.
- Verificar que no existe ningún obstáculo que provoque sombra sobre el panel solar a cualquier hora del día.
- Lijar y pintar las partes oxidadas de la estructura donde está fijado el panel.

#### Ilustración 5: Recomendaciones para la instalación de paneles solares



### EN LA BATERÍA

- Limpiar el polvo de la carcasa.
- Verificar que los bornes estén limpios, secos y ajustados.
- Verificar y limpiar los bornes de la batería si están sulfatados.
- Verificar el estado de carga de la batería siempre se encuentre entre los límites tolerables.
- Verificar que no alcance temperaturas excesivamente elevadas.
- Verificar el nivel del electrolito y añadir agua destilada si es necesario.

### EN EL REGULADOR Y TABLERO DE CONTROL

- Limpiar periódicamente del polvo.
- Verificar los terminales de las conexiones no estén sulfatados o malogrados.
- Verificar que la luz del controlador esté prendida.
- Lijar y pintar la partes oxidas del tablero.

### EN EL INVERSOR

Por medio de un fuerte pitido el inversor nos alerta que la energía en la batería se va a agotar, por lo que debemos apagar el interruptor hasta que la batería cargue de nuevo. Se debe tener en stock fusibles del mismo amperaje para poder sustituir este componente rápidamente en caso de fallo.

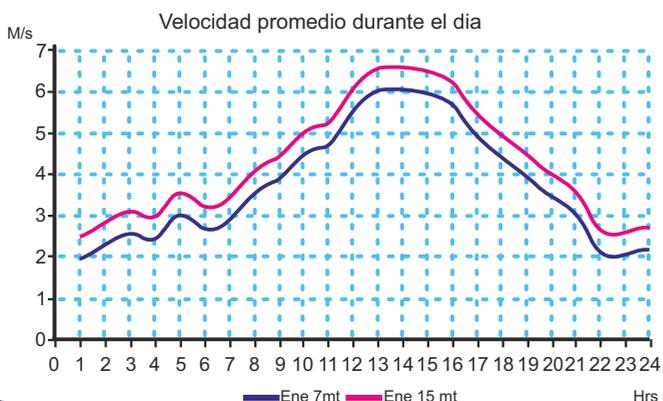
## 3.3 Sistemas Eólicos

Los aerogeneradores o turbinas eólicas son dispositivos que convierten la energía cinética del viento en energía eléctrica. La captación de la energía eólica se realiza mediante la acción del viento sobre las palas, las cuales están unidas al eje a través de un elemento denominado buje (conjunto que recibe el nombre de rotor). De esta forma, se produce un movimiento de rotación que es aprovechado para producir energía eléctrica mediante un generador. Esta energía eléctrica será almacenada en un banco de baterías, de forma que pueda estar disponible cuando el usuario la requiera. Finalmente, será necesario transformar la corriente continua (CC) que sale de las baterías en corriente alterna (CA) a través de un inversor, permitiendo al usuario disponer de un servicio eléctrico de características similares al de la red eléctrica.

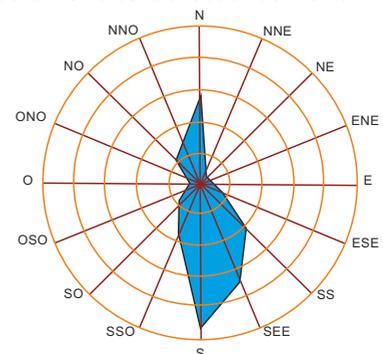
Los factores meteorológicos de mayor importancia que afectan el diseño, funcionamiento y operación de los sistemas eólicos son los siguientes:

- **Velocidad media del viento y sus variaciones diurnas, estacionales e interanuales.** Cuanto mayor sea la velocidad, así como la estabilidad del recurso eólico, mayor será la capacidad de generación eléctrica así como la confiabilidad del sistema. Se deben ser tenidas en cuenta las distintas estaciones climáticas en cada región, ya que éstas pueden dar lugar a regímenes de viento muy distintos entre ellas.

**Gráfico 2: Ejemplo de gráficas de medición de recurso eólico en la comunidad de Alto Perú, Cajamarca.**

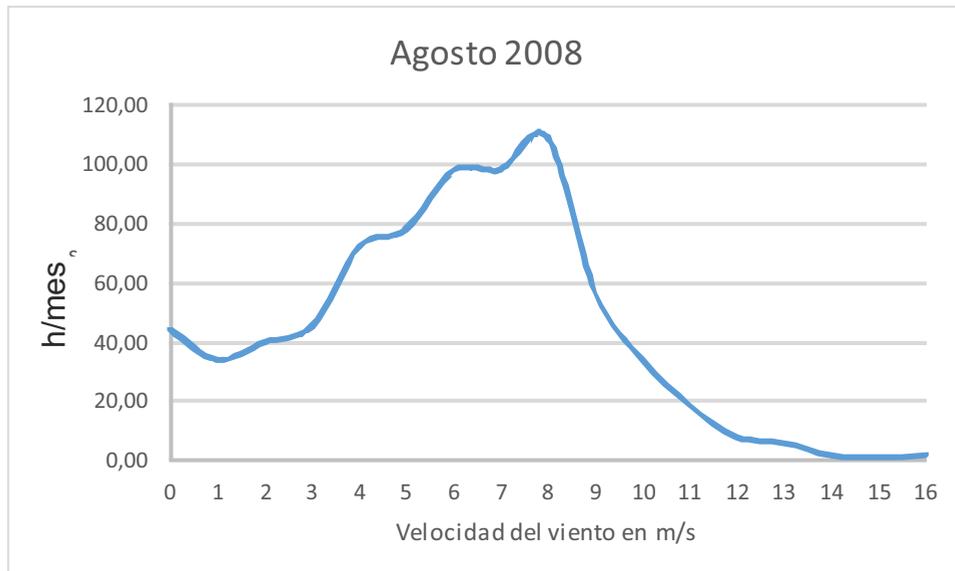


Comportamiento de la dirección del viento Alto Perú



- **Distribución de probabilidad de velocidades.** Cada aerogenerador tiene una curva de generación de potencia en función de la velocidad del viento, la cual es variable de una máquina a otra en función del diseño de la misma. Por tanto, es importante conocer el recurso eólico disponible localmente para poder seleccionar el aerogenerador más adecuado y calcular cuánta electricidad será capaz de producir anualmente.

Gráfico 3: Distribución de probabilidad de velocidades en la comunidad de Alto Perú, Cajamarca



- **Variación de la velocidad y dirección del viento con la altura.** La velocidad del viento aumenta con la distancia sobre el suelo y, por tanto, también la capacidad de generación de energía eléctrica. Por eso, una regla práctica general para evitar la mayoría de los efectos adversos en una instalación de un sistema eólico de energía es tener en cuenta lo siguiente:

Ilustración 6: Efecto de obstáculos en las cercanías de los aerogeneradores



Para maximizar el aprovechamiento del recurso eólico, el aerogenerador debe estar situado, a barlovento, a una distancia de más de dos veces la altura del edificio, y, a sotavento, a una distancia mínima de 10 (preferentemente 20) veces la altura del edificio. Por último, el aerogenerador debe estar situado a una distancia de al menos dos veces la altura del edificio si el aerogenerador está directamente a sotavento del mismo.

- **Frecuencia de condiciones extremas de viento (tormentas, huracanes, etc.).** Todos estos fenómenos meteorológicos pueden provocar la rotura o mal funcionamiento repentino del sistema.
- **Condiciones atmosféricas especiales de la zona (elevada salinidad, arena, hielo, etc.).** El diseño del sistema, así como los materiales empleados, deben estar preparados para resistir las acciones corrosivas en función de las condiciones locales.
- **Variaciones estacionales y diurnas de la densidad del aire y variaciones de la densidad con la altura.** La densidad del aire es un factor fundamental en la capacidad de generación de energía eléctrica. Es por eso que, a igual velocidad de viento, en zonas con gran altura sobre el nivel del mar los aerogeneradores tienen menor capacidad de generación.

Es muy importante tener en cuenta que la medición del recurso debe ser llevada a cabo localmente. Dada la gran variabilidad del viento en función de la topografía del terreno y de los obstáculos que pueda haber, puede no ser confiable una extrapolación basada en una medición realizada a decenas de kilómetros de distancia.

### INSTALACIONES EÓLICAS DE PEQUEÑO TAMAÑO

En función de la potencia que son capaces de producir, estos sistemas se clasifican en microaerogeneradores, miniaerogeneradores, pequeños aerogeneradores, de media potencia y de gran potencia.

**Tabla 2: Clasificación de las instalaciones eólicas**

Clasificación	Potencia Nominal
<b>Microaerogeneradores</b>	0 a 250 W
<b>Miniaerogeneradores</b>	250 a 1000 W
<b>Pequeños Aerogeneradores</b>	1 kW a 50 kW
<b>De Media Potencia</b>	50 kW a 750 kW
<b>De Gran Potencia</b>	Más de 750 kW

Los pequeños aerogeneradores eólicos son, muchas veces, la fuente de electricidad más viable para la electrificación de zonas rurales aisladas cuando el recurso eólico es apropiado, ya que además su operación es simple y barata. Las aplicaciones para las que se utilizan con más frecuencia son las siguientes:

- Sistemas de generación eléctrica domiciliarios.
- Sistemas de generación eléctrica centralizados para comunidades (combinados o no con otras fuentes de generación de electricidad).
- Sistemas de generación eléctrica para equipos de comunicación.

En esta sección prestaremos atención a los mini, micro y pequeños aerogeneradores, ya que son éstos los más adecuados para satisfacer la demanda energética de los sistemas de electrificación en el ámbito rural andino peruano.



## INSTALACIÓN EÓLICA TÍPICA

Ilustración 7: Instalación eólica típica

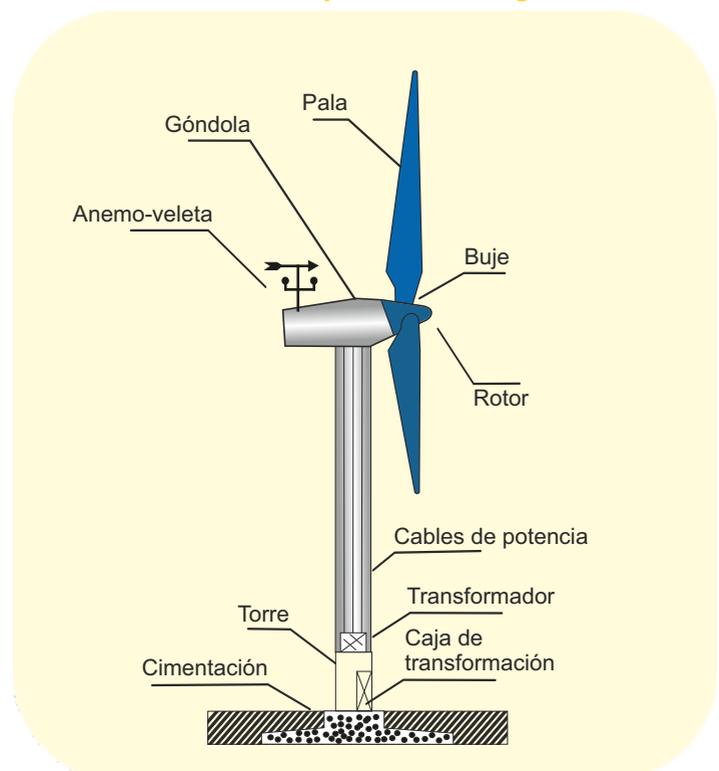


La configuración típica de un sistema autónomo está representada en la figura siguiente:

1. Aerogenerador
2. Diodos
3. Regulador Eólico
4. Llaves termomagnéticas
5. Resistencia
6. Batería
7. Inversor
8. Cargas

A continuación explicamos con mayor detalle el funcionamiento, tipos y otra información de interés que debemos conocer de estos componentes.

Ilustración 8: Esquema de Aerogenerador



### AEROGENERADOR

Existen varios tipos de aerogeneradores y cada uno puede tener diferentes componentes, dependiendo de la aplicación. Sin embargo, se pueden reconocer algunos elementos comunes, como se explica a continuación:

### **PALAS**

Las palas son los elementos del aerogenerador sobre las que incide el viento, aprovechando la energía cinética de éste. Suelen estar fabricadas de materiales compuestos, como la fibra de vidrio, que les confieren una elevada rigidez sin que el peso sea excesivo. Todas las palas del aerogenerador se unen de forma solidaria a un soporte denominado buje o cubo, que realiza la función de conexión con el eje.

### **ROTOR**

El rotor es el elemento principal del aerogenerador. Es el componente que soporta la energía mecánica utilizable que finalmente será transformada en electricidad por medio del generador. A pesar de que existe una gran variedad de rotores que usualmente se clasifican en función de la disposición de su eje, los más utilizados en aerogeneradores son los de eje horizontal de dos o tres aspas y suelen estar hechos de fibra de vidrio con poliéster o epoxi.

### **SISTEMA ELÉCTRICO**

El sistema eléctrico se refiere al generador, el cual está acoplado al eje para transformar la energía mecánica en eléctrica. Además, incluye las interfaces para la conexión a las aplicaciones o a la red de distribución de la instalación.

### **GÓNDOLA**

Contiene los elementos clave de la turbina, como el generador eléctrico. Al mismo tiempo que protege los elementos del exterior, sirve como aislante del ruido que éstos generan.

### **SISTEMA DE ORIENTACIÓN**

Es un componente que tienen las máquinas de eje horizontal, el cual detecta la orientación del viento y coloca el rotor en su misma dirección para aprovecharlo al máximo. Los aerogeneradores de pequeño tamaño suelen utilizar sistemas simples en forma de veleta.

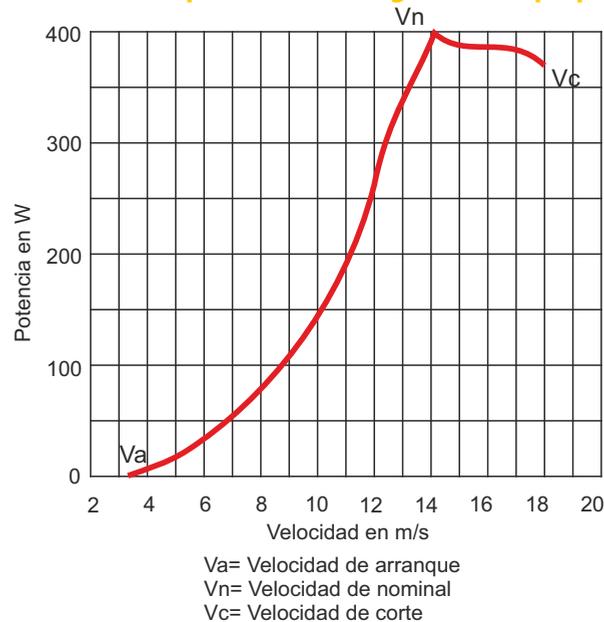
### **TORRE**

Los aerogeneradores deben estar situados sobre una estructura de soporte capaz de aguantar el empuje del viento que transmiten el sistema de captación y las eventuales vibraciones. Su altura debe ser suficiente para evitar que las turbulencias, debidas a la cercanía con el suelo y la eventual presencia de obstáculos, afecten a la máquina. Estas torres suelen ser de celosía o de sección circular, aseguradas con tensores o autoportantes.

### **SISTEMA DE SEGURIDAD**

Si el viento no supera la denominada velocidad de puesta en marcha (valor mínimo necesario para vencer los rozamientos y comenzar a producir trabajo útil) no es posible el arranque del aerogenerador. Con velocidades mayores comenzará a girar entregando una mayor potencia, hasta que se alcance la potencia nominal, generalmente la máxima que puede entregar. En este punto comienzan a actuar mecanismos activos o pasivos de regulación para evitar que la máquina trabaje bajo condiciones para las cuales no fue diseñada. Continuará operando a velocidades mayores, aunque la potencia entregada no será muy diferente a la nominal, hasta que se alcance la velocidad de corte donde, por razones de seguridad, el aerogenerador será detenido.

Gráfico 4: Rendimiento típico de un aerogenerador pequeño (400 W)



### RECTIFICADOR

Un sistema eólico aislado a pequeña escala no genera electricidad en corriente continua, por lo que ésta debe ser rectificadora para poder ser almacenada en las baterías. Para ello se utiliza un aparato electrónico, que en su tipología más simple se compone de un puente de diodos, que transforma la electricidad proveniente del aerogenerador, cuya frecuencia en sistemas eólicos aislados suele depender de la velocidad del viento, en corriente continua.

### CONTROLADOR DE CARGA

Este elemento es el que recibe la electricidad proveniente del generador, para ser trasladada, bien a las baterías cuando éstas no están completamente cargadas, bien a una resistencia de derivación en caso contrario (en sistemas solares fotovoltaicos, dejan en circuito abierto los paneles solares). A diferencia de los sistemas solares fotovoltaicos, el generador eólico no puede quedar en circuito abierto cuando las baterías están completamente cargadas, ya que éste giraría en vacío incrementando grandemente su velocidad, con los enormes riesgos que esto supondría para los componentes mecánicos. Por tanto, el controlador se encarga de derivar la corriente hacia unas resistencias que transforman la energía eléctrica en calor, disipando así la energía eléctrica generada "en vano" por el aerogenerador.

Fotografía 14: Tablero de control de una instalación eólica en Alto Perú



Complementariamente, el controlador adapta la energía eléctrica a las condiciones óptimas de carga de las baterías, asegurando que no existan sobrecargas, maximizando la vida útil de las mismas.

### BATERÍAS

Al igual que sucede con los sistemas solares fotovoltaicos, la generación de electricidad no está sincronizada con el consumo en sistemas eólicos aislados debido a la variabilidad del viento. Este hecho obliga a la existencia de baterías, de características similares a las descritas en el capítulo de sistemas solares fotovoltaicos.

**INVERSOR**

De nuevo, al igual que sucede en los sistemas solares fotovoltaicos, si queremos disponer de corriente alterna, con los beneficios que esto comporta, deberemos utilizar un inversor, cuyas características se adapten a las características de la demanda energética que se deba satisfacer.

**OPCIONES TÉCNICAS. SISTEMAS INDIVIDUALES Y EN MICRORRED.**

En primer lugar, al igual que ocurre con los sistemas SFV, en función de los componentes que integren la instalación, se puede ofrecer un servicio eléctrico en corriente continua, en corriente alterna o en ambas simultáneamente.

Por otra parte, se pueden clasificar los sistemas eólicos en función de cómo se distribuye la energía. Así, en función del tipo de distribución encontramos dos tipologías básicas:

- **Sistemas individuales:** La característica principal es que la energía se consume donde se genera y acumula, es decir, cada usuario dispone de su propio sistema. Esto hace que la distribución se haga en muy cortas distancias. Además esto permite que la gestión de la energía disponible dependa únicamente de los usuarios en esa vivienda, no viéndose afectada por ningún consumo externo, otorgando así plena independencia de uso de la energía. El usuario conoce exactamente de cuánta energía dispone en cada momento y decide cómo y cuándo desea aprovecharla.
- **Sistemas centralizados o en microrred:** Si las viviendas a electrificar se encuentran ubicadas relativamente próximas entre sí, la opción más apropiada puede ser un sistema eólico centralizado debido a que la concentración de equipos y energía ofrece ventajas desde los puntos de vista técnico y económico. Un sistema centralizado es un sistema eólico capaz de satisfacer la demanda energética de todo o parte de una comunidad con electricidad que se produce, almacena y transforma en un sistema central y que luego se distribuye a través de líneas eléctricas hasta cada una de las viviendas. La diferencia fundamental con respecto a la tipología anterior, radica en que los sistemas centralizados son capaces de proveer energía en cantidades y en calidades muy superiores que la energía producida por un sistema eólico individual.

Un sistema centralizado aumenta en gran medida la versatilidad de la gestión energética de todo el sistema, permitiendo que unos usuarios puedan consumir mayor energía cuando otros no la necesiten y viceversa. De esta manera es posible utilizar equipos de mayor potencia, ya que será posible utilizarlos en días en los que el resto de componentes de la microrred no tengan un elevado consumo.

**Ilustración 9: Esquemas de conexión de sistemas individuales**



Desafortunadamente, esta característica puede ser observada desde un punto de vista negativo. El formar parte de una microrred implica una mayor conciencia y uso responsable de la energía. Por ejemplo, si no se usan limitadores de energía, cabe la posibilidad que uno de los usuarios haga un uso irresponsable de la energía, consumiendo gran parte de la cantidad disponible y dejando al resto de usuarios con un servicio energético insuficiente. Por esta razón, durante el proceso de ejecución del proyecto la sensibilización y capacitación de los usuarios resulta esencial en este tipo de sistemas para asegurar la sostenibilidad de los mismos.

### Ilustración 10: Esquemas de conexión de sistemas centralizados.



### RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA

Una de las ventajas de los sistemas eólicos es su funcionamiento autónomo y reducida necesidad de mantenimiento. Sin embargo, no todos los sistemas de este tipo presentan las mismas características. Así, sobretodo en aerogeneradores de baja potencia, pueden encontrarse equipos con sistemas de frenado manuales, es decir, que requieren de la acción humana, o sistemas con una regulación limitada que exige una supervisión frecuente.

Por esa razón, a continuación se presentan algunas de las tareas que pueden ser necesarias para asegurar la correcta operación y mantenimiento en sistemas eólicos de pequeña potencia.

#### PROTECCIÓN DEL AEROGENERADOR FRENTE A VIENTOS FUERTES

Si se presentan velocidades muy elevadas del viento, fuera de las normales, es recomendable detener el equipo y evitar así daños en las partes mecánicas. Aunque muchos de los aerogeneradores actuales disponen de sistemas automáticos de frenado, es conveniente comprobar que el funcionamiento de éstos es adecuado frente a condiciones climáticas adversas. Si el usuario sale de la vivienda por algunos días es mejor dejar el equipo fuera de operación.

#### EN LOS TENSORES

Se debe prestar especial atención a la verificación de los tensores, ya que tienden a aflojarse con el tiempo si se presentan fuertes vientos de manera frecuente. Por ello, es necesario revisarlos continuamente y ajustarlos en caso necesario, pues un descuido puede ocasionar que éstos salgan de las argollas de los anclajes, produciendo la caída del poste y la rotura de las palas.

**EN LA BATERÍA**

La batería debe ser controlada diariamente verificando que el estado de carga siempre se encuentre entre los límites tolerables y que no alcance temperaturas excesivamente elevadas. Periódicamente, se debe limpiar el polvo de la carcasa y verificar que los bornes estén limpios, secos y ajustados

**EN EL CONTROLADOR Y TABLERO DE CONTROL**

En cuanto al tablero de control, se debe limpiar periódicamente el polvo de todos los componentes, verificar que los terminales de las conexiones no estén sulfatados o malogrados, así como lijar las partes que se hayan oxidado con el tiempo. En el caso del controlador, simplemente se debe verificar que la luz esté prendida, indicando que está en funcionamiento.

**EN EL INVERSOR**

Por medio de un fuerte pitido el inversor alerta que la energía en la batería se va a agotar, por lo que debemos apagar el interruptor hasta que la batería se cargue completamente de nuevo. Además, se deben tener en stock fusibles del mismo amperaje para poder sustituir este componente rápidamente en caso de fallo.

**3.4 Sistemas Híbridos**

Los recursos solar y eólico son variables, pudiendo existir períodos de muy baja generación en los que el usuario pueda quedarse sin suministro eléctrico. Una forma de paliar este inconveniente consiste en adjuntar otro tipo de tecnología de generación eléctrica que superponga su curva de generación en el tiempo, de forma que se consiga un suministro más seguro, estable y confiable. En particular, es de vital importancia este tipo de configuración en aplicaciones de elevada responsabilidad, en que el corte de suministro puede suponer un grave perjuicio al sistema en general. Dentro de las energías renovables, sobretodo en viviendas dispersas, lo más habitual es que la combinación se realice con generadores eólicos y solares. La superposición del recurso eólico con el recurso fotovoltaico suele ofrecer un rendimiento muy elevado, ya que en la noche, cuando los paneles solares dejan de generar, el recurso eólico se mantiene elevado.

**Fotografía 15: Sistema híbrido en la comunidad de Campo Alegre, Cajamarca.**



Esta solución es ampliamente utilizada en instalaciones aisladas como viviendas rurales, instalaciones de radiodifusión ubicadas en emplazamientos poco accesibles, etc. La proporción entre la potencia del aerogenerador y la potencia del conjunto fotovoltaico dependerá de la cantidad de recurso solar y eólico disponible, así como de las necesidades energéticas. Por tanto, puede darse el caso en que se instalen sistemas donde la capacidad de generación del aerogenerador sea mayor que la de la parte solar y a la inversa.

El diseño de estas instalaciones se realiza de la misma forma que una instalación eólica o fotovoltaica, tan sólo hay que tener en cuenta que el controlador de carga debe tener una potencia igual a la suma de las potencias de las dos instalaciones, de forma que cuando las dos funcionen en el punto de potencia pico, el controlador pueda soportar la carga. Por lo demás, la instalación es idéntica: fuente de energía, controlador, batería, inversor y consumo.

Existen otras alternativas, como puede ser la conexión de un generador diesel o un sistema hidroeléctrico a un sistema fotovoltaico o eólico. El primer caso es bastante típico en aplicaciones de responsabilidad, dado que estos generadores tienen un coste inicial razonable y su confiabilidad es elevada. En contrapartida, tienen el inconveniente del uso de hidrocarburos, los cuales suponen un coste elevado de la energía generada, así como un problema de acceso y transporte del combustible en zonas rurales lejanas y de daño al medioambiente. En la opción de conexión junto a un sistema hidroeléctrico, un sistema solar o eólico se constituiría como elemento de apoyo, en caso que la disponibilidad de agua no sea suficiente o sea variable. Estos casos se pueden dar en distintas zonas con climas donde existen temporadas de estiaje o sequía, donde el caudal de agua se reduce enormemente, o en sistemas que toman el agua de canales de riego si existe la posibilidad de desviar toda el agua durante los trabajos de regadío para la agricultura, por ejemplo.

## IV MODELO DE GESTIÓN DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS RURALES

Para que estos sistemas sean sostenibles requieren de un modelo de gestión adecuado. En efecto, existen varios estudios en todo el mundo que afirman que la gestión de los sistemas es el factor clave más importante para asegurar el éxito de los mismos.

Existen numerosos modelos de gestión de sistemas eléctricos aislados, de entre los cuales, los más comunes son los gestionados por el Estado, por las Municipalidades locales, de forma comunitaria, privada o cooperativa. Cada uno de ellos tiene sus propias características en cuanto a propiedad de los sistemas, nivel de participación de los usuarios, responsabilidad en la operación y mantenimiento de los sistemas, involucración de los usuarios en la construcción de infraestructuras e instalación de los equipos, administración de los pagos de tarifa, etc. (ESMAP, 2001).

Sin embargo, nos centraremos en el modelo de gestión microempresarial diseñado por la ONGD Practical Action ya que los proyectos de esta institución están diseñados para promover el desarrollo de comunidades rurales con elevados índices de pobreza. Además, este modelo de gestión ha sido considerado como exitoso en varios estudios. En efecto, Yadoo (2012) realiza una comparativa entre tres proyectos de este tipo en Nepal, Kenia y Perú, con distintos modelos de gestión, resultando el implementado por Practical Action el mejor valorado en la dimensión social e institucional. Ferrer-Martí et al. (2012) analiza tres proyectos de electrificación rural aislada con energía eólica a pequeña escala implementados por Practical Action y concluye que el modelo de gestión es, en general, satisfactorio en las tres comunidades. Por último, Sánchez (2006) analiza distintos proyectos con modelos de gestión comunitario, municipal, gubernamental y privado, concluyendo que el más exitoso de todos es el modelo microempresarial implantado por Practical Action.

Para cualquier infraestructura de dotación de servicios eléctricos distinguimos entre la propiedad, la entidad gestora y los usuarios. Tanto la propiedad como la gestión pueden estar, tanto en manos del sector público, como del privado, o adoptar soluciones mixtas. Para pequeñas redes locales en el medio rural, la ONGD Soluciones Prácticas, en adelante SP, en colaboración con Ingeniería Sin Fronteras, ha llevado a cabo programas piloto de gestión en la zona andina (Sánchez, 2006; Sánchez y Escobar, 2001).

En cuanto a la propiedad de la infraestructura, SP no apuesta por un modelo específico (público o privado) pero sí por una clara definición de la propiedad que evite confusiones. Cabe destacar algunos aspectos:

- La propiedad por parte de la **Municipalidad** puede inducir a los políticos locales a tomar decisiones al margen de la comunidad. Es fundamental que esto no pase y que la participación de todos los miembros de la comunidad esté presente y garantizada en todas las fases del proyecto.

- La propiedad **comunitaria** puede tener algunas desviaciones que es preciso prevenir y corregir durante los procesos de identificación, ejecución y seguimiento del proyecto:
  - ✓ Algunos usuarios no asumen la responsabilidad del mantenimiento o reparación de la tecnología.
  - ✓ Algunos usuarios, en su condición de copropietarios, consumen energía sin limitaciones en sistemas hidroeléctricos o solares/eólicos en microrred, lo cual lleva a problemas técnicos y sociales relevantes.

En cuanto a la gestión del servicio (operación, mantenimiento, reparaciones, cobro de tarifas), se apuesta por la creación de microempresas locales. Este modelo está dando buen resultado en el contexto propuesto.

### 4.1 Modelo Organizativo

El objetivo central del este modelo es la gestión eficiente de pequeños sistemas eléctricos aislados. Considera la entrega de todas las responsabilidades de operación, mantenimiento y administración a una microempresa local privada por parte del propietario del sistema de generación, bajo un contrato de medio o largo plazo, términos de referencia claros y específicos, y respetando el marco legal vigente. El modelo consiste en la creación de una **Junta para la Electrificación Comunal** que trabaja para la implementación de los sistemas. Una vez están instalados, se disuelve y se convierte en otro organismo que debe asegurar la sostenibilidad del proyecto bajo el nombre de **Unidad de Fiscalización**. Asimismo, se crea una microempresa, llamada **Unidad de Negocios Eléctricos Rurales (UNER)** que debe ser la herramienta de la que dispone la Unidad de Fiscalización para mantener los sistemas en funcionamiento. También se abre una cuenta mancomunada para depositar todos los fondos que se recaudan.

A continuación se describen más detalladamente las funciones y los roles de los elementos protagonistas del modelo de gestión:

#### ENTIDAD FINANCIERA

La entidad financiera es la instancia que financia e implementa el proyecto. Es dueña de los sistemas durante la instalación de los sistemas y tendrá la responsabilidad de entregar la propiedad de los equipos al Gobierno Local, supervisando periódicamente la operación, mantenimiento y administración de los sistemas instalados.

#### GOBIERNO LOCAL

El Gobierno local recibe de parte del financiador la propiedad de los sistemas, siempre y cuando haya demostrado condiciones favorables para hacerse acreedora de la propiedad. De ser así, contratará a la Unidad de Negocios Eléctricos Rurales (UNER), que viene a ser el operador - administrador local, para que se haga cargo de la operación, mantenimiento y administración del servicio eléctrico. Supervisará periódicamente a la UNER a través de su unidad técnica y participará en las actividades de mantenimiento de los sistemas conjuntamente.

#### JUNTA PARA LA ELECTRIFICACIÓN COMUNAL.

Para el proceso de implementación del proyecto se requiere de una instancia con quien coordinar y que pueda organizar a la población. Para ello se crea la Junta para la Electrificación Comunal, la cual está conformada por las autoridades locales, los/as representantes de las principales organizaciones y los pobladores. Como Junta para la Electrificación Comunal, tendrá los siguientes roles y funciones:

- a) Sirve de nexo entre el Estado, el Gobierno Local, el Financiador y la comunidad (usuarios).
- b) Facilita las reuniones con la comunidad, el Estado, Gobierno Local y Financiador.
- c) Participa en todo el proceso de implementación del proyecto: instalación de sistemas, convocar a los usuarios a las capacitaciones, elegir a la unidad de negocios eléctricos rurales, etc.
- d) Tiene vigencia hasta la consolidación y puesta en funcionamiento del modelo de gestión.

### LA UNIDAD DE NEGOCIOS ELÉCTRICOS RURALES (UNER)

Está conformada por una persona natural local con aptitudes empresariales y técnicas, capacitada por la institución ejecutora del proyecto, la cual se encarga de realizar actividades puntuales que tienen que ver con la Operación, Mantenimiento y Administración de los sistemas eléctricos. La elección de la UNER se hace a través de un proceso de selección entre aspirantes voluntarios de la comunidad.

La UNER tiene las siguientes responsabilidades:

- a) Celebrar contratos individuales con los usuarios.
- b) Recaudar la tarifa mensual.
- c) Hacer los depósitos de la recaudación mensual en una cuenta mancomunada que se abrirá en una entidad bancaria o similar.
- d) Ser responsable de la operación y mantenimiento de los sistemas.
- e) Elaborar informes: económicos y operativos, que serán entregados periódicamente a la municipalidad, específicamente a la unidad técnica.
- f) Cada dos meses presentar informes económicos a los usuarios.

### LAS FAMILIAS USUARIAS

Se trata de todas aquellas familias que disfrutan del servicio eléctrico en sus viviendas y tienen las siguientes responsabilidades:

- a) Celebrar contratos individuales de suministro de energía con la UNER.
- b) Pagar mensualmente por el servicio.
- c) Cuidar los sistemas instalados.
- d) Se les otorga el sistema instalado en su vivienda bajo la modalidad de "cesión de uso".
- e) Participar de la asamblea de usuarios u autoridades.
- f) Tienen la responsabilidad de usar racionalmente la energía, considerando las limitaciones de los sistemas.
- g) Cumplir con las obligaciones indicadas en el contrato de suministro de energía.

### UNIDAD DE FISCALIZACIÓN

La Unidad de Fiscalización está conformada por la junta para la electrificación comunal, luego de haber cumplido con su labor en el proceso de implementación del proyecto y puesta en funcionamiento del modelo de gestión.

Tendrá los siguientes roles y funciones:

- a) Fiscalizar la operación, mantenimiento y administración del servicio.
- b) Apoyo en acciones de mantenimiento de los sistemas.
- c) Un representante debe parte del fondo de reposición

## 4.2 Instrumentos del Modelo de Gestión

El modelo propuesto implica la utilización de instrumentos de gestión, con los cuales se puede organizar el manejo operativo y administrativo, además de regular la interrelación de los actores involucrados y que son parte del modelo de gestión.

### LA TARIFA

Es un instrumento que permite hacer el cobro a cada uno de los usuarios. Se elabora sobre la base de un análisis participativo de la situación social y económica de los usuarios. Además de tener en cuenta:

- Los costos de reposición de insumos de los sistemas como: baterías, reguladores, entre otros.
- Los costos de mantenimiento: compra de grasa, pintura para el pintado periódico de los sistemas, etc.
- Los costos administrativos: pago a la UNER por sus servicios de operación y administración de los sistemas, adquisición de materiales de escritorio, impresión de recibos, etc.

### EL REGLAMENTO

Es un instrumento de gestión que permite regular la interrelación de los actores que son parte del modelo de gestión. Así mismo puede regular el uso de la utilización de la energía de manera racional. En este documento se estipulan también los deberes y obligaciones de cada uno de los actores y se define su espacio de acción en el proceso de gestión de los sistemas eléctricos.

### LA CAPACITACIÓN

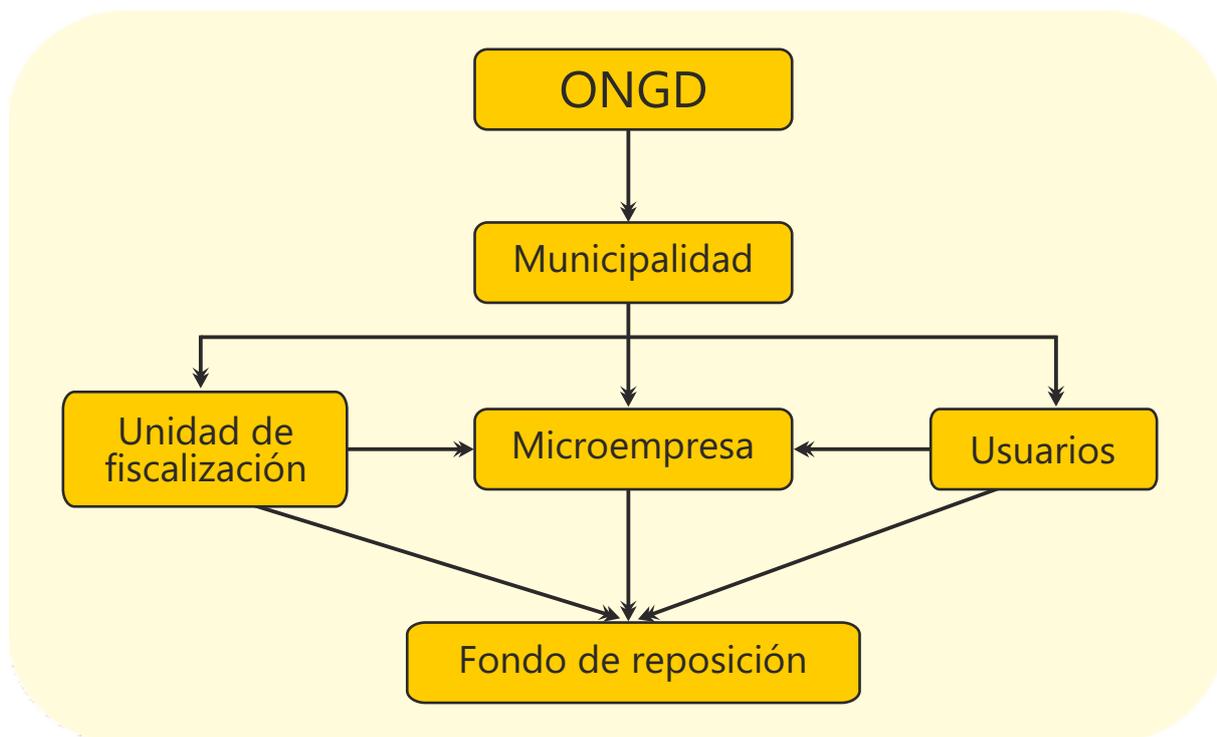
Es necesario que se realicen actividades de formación orientadas a desarrollar las capacidades de los actores. Por un lado, se debe capacitar a la UNER en aspectos administrativos y técnicos para la operación de los equipos y, por otro lado, también se debe formar a los usuarios para que puedan hacer un uso racional de la energía. Para ello se elaboran módulos de capacitación, cartillas, trípticos, etc.

De un adecuado proceso de capacitación, sensibilización y concientización depende la sostenibilidad del proyecto y la interiorización y socialización del modelo de gestión entre los principales actores que intervienen en el modelo de gestión, principalmente de aquellos que van a tener la responsabilidad de la operación, mantenimiento y administración del servicio.

### LA FISCALIZACIÓN

Es un proceso donde los usuarios y las autoridades locales, de manera organizada a través de la Unidad de Fiscalización, pueden supervisar el cumplimiento de las obligaciones de la UNER y de los propios usuarios y pueden hacer llegar algunas sugerencias para mejorar la administración del servicio.

Gráfico 5: Esquema del modelo de gestión microempresarial



### ESQUEMA DE TARIFAS

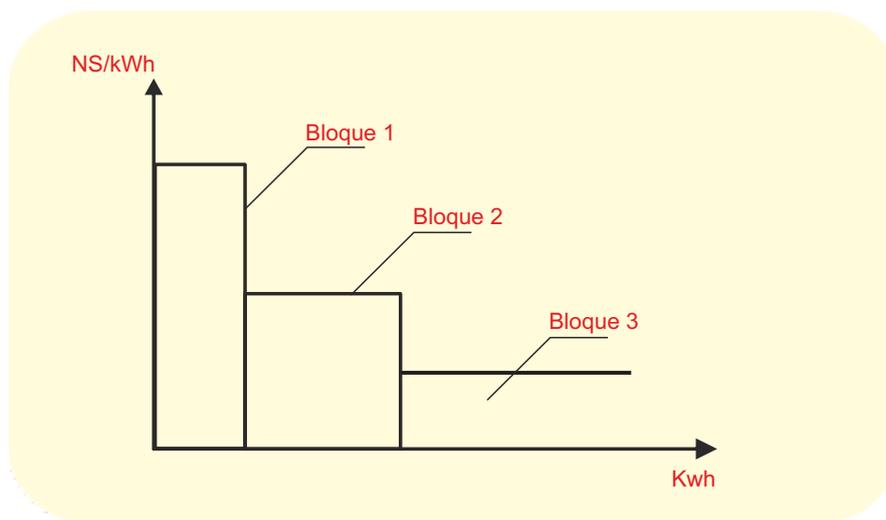
La elección del esquema tarifario a utilizar en un pequeño sistema de servicios eléctricos es complicada. Existen diversas experiencias que incluyen varios esquemas, entre ellos:

- Tarifas planas, es decir, un monto único independiente del consumo.
- Tarifas diferenciadas por tipo de aplicación, que generalmente distingue usos domésticos de comerciales y productivos.
- Tarifas reguladas por el Estado.

En el caso peruano el modelo que mayores éxitos ha permitido, tanto por el lado financiero como por el entendimiento de la población, ha sido el modelo de bloques descendentes, el cual consiste en poner un costo gradualmente menor mientras a medida que las unidades consumidas son menores.

Este modelo tarifario requiere el uso de medidores de energía y el cobro es de acuerdo al consumo, donde: los costos por kWh van descendiendo de acuerdo al consumo, los primeros tienen un alto precio y luego van disminuyendo hasta un límite mínimo, como se muestra en el siguiente gráfico.

**Gráfico 6: Sistema de tarifas para un modelo de bloques descendentes**



Fuente: Sánchez y Escobar (2001)

Características favorables del Modelo de Bloques Descendentes:

- El consumo de un alto porcentaje de la población rural es muy pequeño, oscilando en el caso peruano alrededor de los 10 kWh por mes. Por lo tanto, un modelo de esta naturaleza asegura una recaudación básica en base al pago mínimo.
- El "alto costo por kWh" del primer bloque permite mejorar la recaudación aportada por las familias de bajo consumo ya que ellas normalmente son la mayoría.
- Las familias que tienen el consumo mínimo difícilmente superan el primer bloque, pero no necesariamente son las más pobres.
- El modelo tarifario tiende a ser lo más justo posible porque el usuario paga lo que consume de acuerdo a la tarifa establecida, es decir, quien más consume más paga.
- Las familias que superan el Bloque II, normalmente usan la energía para fines productivos. Es allí donde el bajo costo de la energía se convierte en instrumento de promoción de los usos productivos.

**PARA SABER MAS**

- ABELLA, M. (2005): Sistemas fotovoltaicos. Introducción al diseño y dimensionado de instalaciones de energía solar fotovoltaica. Ediciones S.A.P.T. Publicaciones Técnicas S.L.
- ALCOR, E. (2011): Instalaciones solares fotovoltaicas. Promotora general de estudios
- ANDERSON, T.; DOIG, A. (2000): Community planning and management of energy supplies - international experience. Renewable Energy
- ARE (Alliance for Rural Electrification). (2011): Rural electrification with renewable energy
- BENECKE, G. (2008): Success factors for the effective implementation of renewable energy options for rural electrification in India – Potentials of the clean development mechanism. International Journal of Energy Research 32:1066–1079.
- BRICEÑO, E.; ESCOBAR, R.; RAMÍREZ, S. (2008): Manual de Capacitación en Operación y Mantenimiento de Pequeñas Centrales Hidráulicas. Soluciones Prácticas
- BWEA. (2008): Small wind systems
- CAMBLONG, H.; SARR, J.; NIANG, A.T.; CUREA, O.; ALZOLA, J.A.; SYLLA, E.H.; SANTOS, M. (2009): Micro-grids project, Part 1: Analysis of rural electrification with high content of renewable energy sources in Senegal. Renewable Energy
- CASTRO, A. (2006): Minicentrales Hidroeléctricas. IDAE
- CIEMAT. (1997): Principios de conversión de la energía eólica
- DÁVILA, C.; VILAR, D.; VILLANUEVA, G.; QUIROZ, L. (2010): Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídricos, diseño e instalación de microcentrales hidroeléctricas. Soluciones Prácticas
- ESCOBAR, E. (2008): Manual de Capacitación en Administración de Pequeñas Centrales Hidráulicas. Soluciones Prácticas
- ESHA (European Small Hydropower Association). (2004): Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant
- ESMAP. (2001): Peru: Rural Electrification
- FALK, A. (2006): Fotovoltaica para profesionales. Promotora general de estudios
- FERNÁNDEZ, M.; CARRILLO, M. (2010): América Sumergida. Icaria
- FERRER-MARTI, L.; GARWOOD, A.; CHIROQUE, J.; RAMIREZ, B.; MARCELO, O.; VELO, E. (2012): Evaluating and comparing three community small-scale wind electrification projects. Renewable and Sustainable Energy Reviews
- GARCÍA, M. (1999): Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo. IEPALA
- GIPE, P. (2000): Energía Eólica Práctica.
- GOUVELLO, C. (2002): The limitations of the conventional grid: Bank on complementarity. Decentralised Rural Electrification: An Opportunity for Mankind, Technique for the Planet.
- HABERLIN, H. (2012): Photovoltaics System Design and Practice. WILEY
- HIREMATH, R., KUMAR, B., BALACHANDRA, P., RAVINDRANATH, N.H. AND RAGHUNANDAN, B. (2009): Decentralised renewable energy: Scope, relevance and applications in the Indian context. Energy for Sustainable Development, 13:4–10.

- KANAGAWA, M.; NAKATA, T. (2008): Assessment of access to electricity and the socio-economic impacts in rural areas of developing countries. *Energy Policy*
- KAUNDINYA, D.; BALACHANDRA, P.; RAVINDRANATH, N.H. (2009): Grid-connected versus stand-alone energy systems for decentralized power—A review of literature. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*
- KIRUBI, C.; JACOBSON, A.; KAMMEN, D.; MILLS, A. (2009): Community-Based Electric Micro-Grids Can Contribute to Rural Development: Evidence from Kenya. *World Development*
- LUQUE, A.; HEGEDUS, S. (2011): *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. WILEY
- MOLINA, J. (2004): *Mini Hidráulica*. Carrera de Ingeniería Mecánica Universidad mayor de San Andrés, 2004
- NGUYEN, K. (2007): Alternatives to grid extension for rural electrification: Decentralized renewable energy technologies in Vietnam. *Energy Policy*
- PAREJA, M. (2010): *Energía Solar Fotovoltaica*. Marcombo Boixareu Editores
- PEREIRA, M.; VASCONCELOS, M. (2010): Rural electrification and energy poverty: Empirical evidences from Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*
- PIGGOTT, H. (2009): *Manual de Autoconstrucción de Generadores Eólicos*. Bajatec Manuales
- SÁNCHEZ, T. (2006): Key factors for the implementation of successful, stand-alone village electrification schemes
- SÁNCHEZ, T.; ESCOBAR, R.; RAMÍREZ, S.; CANEDO, W.; GAMARRA, A.; GUZMÁN, Y. (2010): Microcentrales hidroeléctricas. Una alternativa para el desarrollo rural. *Soluciones Prácticas*
- SÁNCHEZ, T.; WILLIAMS, A.; SMITH, N. (2006): The critical factors for success of stand-alone energy schemes. *International Conference on Renewable Energy for Developing Countries*
- SANZ, J. (2008): *Energía Hidroeléctrica*. Prensas universitarias de Zaragoza
- SOLAR ENERGY INTERNATIONAL. *Fotovoltaica: Manual de diseño e instalación*
- SPALDING-FECHER, R. (2005): Health benefits of electrification in developing countries: a quantitative assessment in South Africa. *Energy for Sustainable Development*
- TALAYERO, A.; MARTÍNEZ, T.; TELMO, E. (2008): *Energía Eólica*. Universidad de Zaragoza
- VAN CAMPEN, B.; GUIDI, D.; BEST, G. (2000): *Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural sostenibles*. FAO
- WENHAM, S.; GREEN, M.; WATT, M.; CORKISH, R. (2007): *Applied Photovoltaics*. ARC
- YADOO, A. AND CRUICKSHANK, H. (2010): The value of cooperatives in rural electrification. *Energy Policy*, 38:2941–2947.
- ZHANG, X.; KUMAR, A. (2011): Evaluating renewable energy-based rural electrification program in western China: Emerging problems and possible scenarios. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*



# Sistemas de Agua y Saneamiento

**Pau Lillo  
Katherine Carranza  
EPILAS**

## AGUA SANEAMIENTO Y DESARROLLO

Agua y saneamiento son aspectos clave del desarrollo humano. La libertad humana y el acceso al agua y saneamiento van de la mano. Sin agua y saneamiento adecuados, seguros y asequibles, millones de personas alrededor del mundo serían incapaces de disfrutar de vidas saludables y medios de vida seguros. Las mujeres tienen vetada la dignidad y el respeto propio sin saneamiento y la vida de miles de bebés es dramáticamente afectada diariamente debido a enfermedades relacionadas con agua no segura y a una pobre higiene y saneamiento. La población en situación de pobreza es incapaz de acceder a estos servicios, bien porque su coste es demasiado elevado o porque se ven excluidos de los beneficios de grandes proyectos de infraestructuras como presas o sistemas de irrigación. Además, para muchas personas, las elecciones básicas relacionadas con la provisión de agua y saneamiento y la capacidad de participar en los procesos de toma de decisión, simplemente, no están disponibles y, consecuentemente, carecen de las libertades básicas que el ser humano requiere (Mehta, 2006).

En particular, el acceso a agua y saneamiento está muy relacionado con la desigualdad de género. Mientras que disponer de una letrina es importante para todos, el acceso a letrinas limpias y seguras comporta mayores beneficios a las mujeres y niñas en particular. Ellas no solo necesitan letrinas donde defecar, sino que también, necesitan privacidad y dignidad durante la menstruación. Los síntomas de menstruación, embarazo y periodo postnatal se vuelven más problemáticos si las mujeres no tienen donde tratarlos adecuadamente. La existencia de servicios higiénicos en la escuela puede significar que más niñas puedan permanecer en la misma después de la pubertad hasta completar su educación.

Las mujeres dan más valor al acceso a instalaciones de saneamiento privadas que los hombres, pero a menudo no se cuenta con sus opiniones en los procesos de toma de decisiones. Existe una necesidad real de instalaciones que satisfagan las demandas y preferencias físicas y psicológicas de las mujeres, y éstas pueden conseguirse fácilmente mediante la inclusión de las mujeres en el diseño y ubicación de estas instalaciones.

Tal como reconocen las Naciones Unidas, *"el derecho humano al agua es indispensable para vivir dignamente y es condición previa para la realización de otros derechos humanos"*. En efecto, el derecho al agua, junto al derecho a alimentación, son fundamentales, ya que condicionan el disfrute de otros derechos, incluido el derecho a la vida.

Ya en enero de 1992, identificando la problemática cada vez creciente del acceso a agua y saneamiento, se realizó la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente en Dublín cuyas conclusiones fueron:

- El agua dulce es un **recurso finito y vulnerable**, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.
- El aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un **planteamiento basado en la participación** de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles.
- La **mujer** desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua.
- El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y debería reconocérsele como un **bien económico**.

Estas ideas han seguido evolucionando, asentándose fuertemente el entendimiento del acceso agua y saneamiento como derecho humano fundamental. En este sentido, el Informe sobre Desarrollo Humano del

PNUD de 2006 concluye: *“la crisis de agua y saneamiento representa una amenaza directa e inmediata para la población pobre de los países en desarrollo, un sector de la población ignorado por la percepción internacional de la seguridad humana (...). La seguridad de agua es una parte integral del concepto más amplio de la seguridad humana (...). El acceso a agua segura es una necesidad humana fundamental y, por lo tanto, un derecho humano básico. Hacer cumplir el derecho humano al agua es un fin en sí mismo y un medio para dar fundamento a los derechos más amplios de la Declaración Universal de Derechos Humanos y otros instrumentos legales, incluido el derecho a la vida, a la educación, a la salud y a un hogar digno. Garantizar que cada persona disponga de acceso a al menos 20 litros de agua limpia al día para cubrir sus necesidades básicas es un requerimiento mínimo para respetar el derecho al agua, y una meta mínima para los gobiernos”.*

Además, debido al reconocimiento por parte de las Naciones Unidas de la existencia de una crisis de saneamiento, el año 2008 fue declarado como “Año internacional del saneamiento”, el cual sirvió para difundir cinco mensajes clave (UNWATER, 2008):

- **El saneamiento es vital para la salud.** La falta de baños y de confinamientos seguros de los excrementos lejos de manos, pies, agua para consumo y utensilios de comida, así como también la falta de higiene, especialmente el hecho de no lavarse las manos después de defecar, conducen a la transmisión de enfermedades diarreicas. La provisión de saneamiento es importante para la prevención de enfermedades de todo tipo y reduce el enorme coste de los tratamientos médicos.
- **El saneamiento contribuye al desarrollo social.** Cuando las instalaciones de saneamiento y los hábitos higiénicos están presentes, las tasas de enfermedad se reducen, así como la desnutrición infantil, más niños y, especialmente niñas, asisten a la escuela y aprenden mejor y la seguridad y dignidad de las mujeres se ve mejorada.
- **El saneamiento es una buena inversión económica.** El saneamiento mejorado tiene beneficios económicos muy positivos. Los medios de vida y las oportunidades de trabajo se ven incrementadas y los costes para la comunidad y para el estado de enfermedades y pérdida de producción se ven reducidos.
- **El saneamiento ayuda al medio ambiente.** Instalaciones mejoradas para los residuos humanos promueven la limpieza del entorno y protegen ríos, lagos y acuíferos subterráneos de la contaminación. Además, puede realizarse un tratamiento seguro de compost de los excrementos para ser usado como fertilizante.
- **El saneamiento es alcanzable.** Las Tecnologías Apropiadas y los enfoques centrados en las personas pueden ser utilizados cuando existe la voluntad para ello. El coste de lograr un saneamiento global es asequible.

El agua se encuentra englobada en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), específicamente la meta 10 del Objetivo 7: *reducción a la mitad de la proporción de la población mundial sin acceso sostenible a agua potable segura y saneamiento básico para el año 2015.*

No obstante, el acceso a agua y saneamiento, puede resultar clave para alcanzar el resto de los ODM. Por eso, el PNUD recomienda algunas estrategias para ser adoptadas por los gobiernos con relación al cumplimiento de estos Objetivos:

### Cuadro 1: Objetivos de Desarrollo del Milenio

#### Objetivo 1: Erradicar la pobreza

- Hacer que el acceso al derecho al agua sea un derecho humano y legislar para la aplicación progresiva de dicho derecho.
- Incrementar la inversión pública destinada a extender la red de abastecimiento en áreas urbanas y ampliar el suministro en las rurales.
- Establecer “tarifas mínimas”, subsidios transversales e inversiones en las fuentes de agua, a fin de asegurar que a nadie se le niegue el acceso a este recurso debido a la pobreza.

#### Objetivo 2: Lograr la educación primaria universal

- Vincular las metas y estrategias destinadas a lograr la educación primaria universal a estrategias que garanticen que todas las escuelas dispongan de un suministro adecuado de agua y saneamiento.

#### Objetivo 3: Promover la igualdad de género y la autonomía de la mujer

- Respalda campañas de saneamiento que otorguen a las mujeres un mayor poder de participación en las decisiones sobre la inversión pública y gastos de saneamiento.

#### Objetivo 4: Reducir la mortalidad infantil

- Considerar las muertes infantiles relacionadas con el agua y el saneamiento como un problema nacional urgente.
- Establecer vínculos explícitos entre las metas de reducción de la mortalidad infantil y las de extensión del acceso al agua y el saneamiento.

#### Objetivo 5: Mejorar la salud materna

- Considerar el suministro de agua y saneamiento como un elemento clave de las estrategias a favor de la salud materna.

#### Objetivo 6: Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades

- Integrar el agua y el saneamiento a estrategias nacionales de lucha contra el paludismo y de mejora de las condiciones de vida de los pacientes con VIH/SIDA.

#### Objetivo 7: Garantizar la sostenibilidad de los recursos naturales

- Considerar el agua como un recurso natural valioso y no como una mercancía que puede usarse y explotarse sin tener en cuenta la sostenibilidad.
- Institucionalizar políticas que creen incentivos para la conservación del agua.
- Complementar la meta del ODM con una meta adicional: reducir a la mitad las desigualdades relativas a la cobertura de saneamiento entre el 20% más rico de la población y el más pobre.

#### Objetivo 8: Fomentar una asociación mundial para el desarrollo

- Establecer un plan de acción mundial para impulsar la acción política; integrar la cuestión de agua y el saneamiento en las prioridades políticas del Grupo de los Ocho; movilizar recursos y respaldar procesos de planificación de iniciativa nacional.

Como se puede ver, el sector de agua y saneamiento está estrechamente relacionado con cada uno de los ODM. El suministro de agua limpia y servicios de saneamiento son tan fundamentales para el desarrollo humano y la prosperidad de las naciones como la política económica, el comercio internacional, la salud o la educación.

La figura siguiente muestra la multidimensionalidad de los aspectos relacionados con el agua y su vínculo con el bienestar. El círculo interior representa las formas más convencionales de evaluar agua y bienestar debido a la focalización en aspectos tales como la provisión regular del recurso y su adecuada calidad. La parte exterior del círculo representa los aspectos más multidimensionales de agua y bienestar, tales como la autonomía, relación con la identidad y la libertad para elegir.

**Gráfico 7: Aspectos multidimensionales de la relación Agua/Bienestar**



**Fuente: Mehta, 2006**

Sin embargo, muchos proyectos de agua son medidos y evaluados en términos de los atributos correspondientes al círculo interior. Se asume que una vez el suministro de agua es provisto por caños o tanques y es regular y cerrado, el proyecto es exitoso. Sin embargo, los técnicos se sorprenden muchas veces cuando la población local prefiere agua de manantiales no tratados, tal vez, porque el sabor no es el mismo, o porque tienen que pagar por el agua.

En general, resulta frecuente que en proyectos relacionados con agua y saneamiento, las miras estén puestas principalmente en la construcción de las infraestructuras y equipamientos necesarios, dejando de lado los procesos de los proyectos, que son los que verdaderamente pueden catalizar los impactos de este tipo de intervenciones y provocar saltos importantes en el nivel de desarrollo de las familias beneficiarias. En este sentido, deben ser tenidos en cuenta, sobre todo, los aspectos del círculo exterior, comprendiendo las múltiples implicaciones que el agua tiene en la vida de las personas, implicando activamente a la población en los procesos de diseño de los sistemas y en los espacios de toma de decisión, de forma que sean sujetos agentes de su propio desarrollo. Solo así será posible transformar un escenario de pobreza y privaciones, reforzando las estructuras sociales a través de los proyectos y asegurando la sostenibilidad de los mismos (Mehta, 2006).

## ENFOQUE DE GÉNERO EN PROYECTOS DE AGUA Y SANEAMIENTO

La mayoría de proyectos de agua y saneamiento tienen una visión predominantemente técnica, con objetivos de mejoramiento de la cobertura, exclusivamente. En este tipo de proyectos, la perspectiva de género suele entenderse como la promoción de participación de la mujer, pero de un modo utilitarista, es decir, con el único fin de lograr que la tecnología funcione a largo plazo.

Sin embargo, este tipo de proyectos tiene un gran potencial transformador para lograr procesos que mejoren la equidad de género, en cuanto se pueden emplear estrategias que brinden a hombres y mujeres un acceso y control equitativo y de calidad de los recursos de agua y saneamiento; se desarrollen capacidades en ambos para gestionar de forma justa y democrática estos servicios, involucrando a las mujeres de manera central en los procesos de toma de decisiones; y se apoyen, y promuevan, relaciones de equidad con respecto al uso y consumo de agua, higiene y saneamiento.

Brindar a las mujeres la posibilidad de usar un recurso (acceso), no implica directamente que éstas tengan la capacidad de decidir respecto al uso o gestión del mismo (control). El nivel de acceso, control o beneficios que se pueda alcanzar sobre un recurso como puede ser el agua y el saneamiento, depende de los roles que cumplen hombres y mujeres, como son el rol productivo, reproductivo y comunitario. En el ámbito rural, éstos están bien divididos entre ambos sexos, siendo responsabilidad de ellas los dos últimos. Por tanto, para incorporar el enfoque de género en proyectos de este tipo, deberemos partir de un conocimiento de los comportamientos y las responsabilidades de hombres y mujeres, de forma que se pueda implementar la estrategia más adecuada para promover la igualdad de oportunidades frente al acceso, control y beneficio de los recursos, promoviendo no solo la satisfacción de necesidades básicas, sino también que la distribución de roles sea más equitativa.

El enfoque tradicional de género en el que generalmente se han basado los proyectos de agua y saneamiento ha priorizado la condición antes que la generación de cambios en la posición de la mujer, es decir, se prioriza el acceso sin implementar estrategias específicas para el mejorar su control. Por ejemplo, los esfuerzos se centran en las mujeres como grupo meta con el objetivo que accedan a los servicios de agua y saneamiento y en los beneficios de estos servicios como una disminución en el tiempo de acarreo. Sin embargo, si solo se promueven cambios en términos de condición, se estarán reproduciendo los roles tradicionales de género, limitando fuertemente la capacidad de cambio de este tipo de proyectos. Por esa razón, deben reorientarse las estrategias para promover una mayor equidad en términos de posición, de forma que hombres y mujeres tengan las mismas oportunidades para participar en espacios de diálogo, debate y toma de decisiones comunitarias para establecer medidas que favorezcan el desarrollo local.

Con todo, un proyecto de agua y saneamiento con enfoque de género contará con metodologías específicas para dar respuesta a las diferentes necesidades y demandas de hombres y mujeres, promover espacios de participación democrática y de calidad, lograr el involucramiento de todos y todas en la implementación, operación y mantenimiento de los servicios de agua y saneamiento, así como, redistribuir los roles de género, tanto a nivel familiar como comunitario.

Para lograr estos impactos, es probable que se requiera desarrollar actividades específicas con las mujeres, con el objetivo de fortalecerlas en aspectos clave como la confianza en sí mismas o la generación de capacidades. Para ello, se proponen algunas estrategias que pueden ser de utilidad:

- Contar con equipos de facilitación mixtos favorece la integración de las mujeres, en tanto que éstas se sienten más cómodas tratando con técnicas de su mismo sexo.

- Al inicio del proceso del proyecto, debe ponerse especial énfasis en que las mujeres tomen conciencia sobre la crucial importancia del papel que juegan en sus comunidades.
- Dado que existe una patente falta de acceso a los espacios públicos de toma de decisiones por parte de las mujeres cuando estos son mixtos, es necesario crear espacios donde sean únicamente las mujeres quienes participen, pudiendo así emprenderse un verdadero proceso de diálogo con ellas y permitiéndoles desarrollar aptitudes de expresión y mejorar la confianza en sí mismas.
- Una vez se ha logrado que las mujeres gocen de una cierta práctica organizacional, se facilita su movilización. Es a partir de ahí que pueden empezar a darse procesos de mejora de la participación de las mujeres en espacios mixtos.
- Las reuniones y capacitaciones deben realizarse en un horario en el que tanto hombres como mujeres puedan asistir.

## ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE AGUA Y SANEAMIENTO

En esta sección se describen seis tipos de tecnologías. Por un lado, se analizan los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y, por otro, el tratamiento de aguas grises y negras con biofiltros y letrinas.

### 3.1 Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano

El agua es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. Así, el acceso al agua potable constituye una necesidad primaria y un derecho fundamental para el ser humano. Su mal almacenamiento y uso pueden provocar enfermedades e incrementar la tasa de mortalidad, sobre todo en niños menores de 5 años, por lo que es necesaria la construcción de sistemas de abastecimiento de agua que permitan a las poblaciones más necesitadas y alejadas el tener acceso a fuentes de agua para consumo que sean seguras.

En este sentido, se considera un sistema de abastecimiento de agua para consumo humano como el conjunto de estructuras hidráulicas sencillas que permitan llevar el agua desde su captación hasta los puntos de consumo, que pueden ser piletas familiares o públicas. Para que el agua cruda esté apta para ser consumida debe ser sometida a procesos físicos, químicos y biológicos. No obstante, es necesario buscar fuentes de agua que sean lo más puras posible para minimizar los costes de inversión en este tipo de procesos.

#### EVALUACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

Para llevar a cabo un proyecto de abastecimiento de agua para consumo humano, en primer lugar, se debe analizar el recurso hídrico, tanto la cantidad de agua disponible como su calidad.

Este recurso es obtenido de las fuentes de agua que son desviadas de su ciclo natural para ser aprovechadas por el ser humano, pudiendo ser éstas superficiales o subterráneas.

- **Fuentes de agua subterráneas.** Se refieren a las fuentes de agua que se encuentran debajo de la tierra, en los poros y grietas de las rocas. Éstas son por lo general aguas duras debido a que los elementos que le dan dureza son lavados de los depósitos minerales durante su recorrido. Sin embargo, no necesitan un gran tratamiento ya que algunas impurezas son eliminadas a su paso por las capas del suelo y del sub suelo. Estas fuentes son consideradas de mejor calidad al estar libres del contacto con la superficie y se pueden dividir en:

- ★ **Pozos profundos:** Se trata de fuentes de agua con una profundidad superior a 30 metros. No obstante, dicha profundidad no debe ser excesiva para evitar el agua contaminada con arsénico que se encuentra en forma natural en algunos estratos del suelo.
- ★ **Pozos excavados:** Se trata de fuentes de agua que tienen una profundidad menor a 30 metros.
- ★ **Galerías filtrantes:** son captaciones horizontales (o casi horizontales) tipo túnel construidas en el suelo con la finalidad de captar aguas subterráneas.
- ★ **Manantiales:** Son puntos o zonas de terreno donde brota el agua subterránea de forma natural. El agua del manantial fluye por lo general a través de una formación de estratos con grava, arena o roca fisurada. El agua del manantial es pura y, frecuentemente, se la puede usar sin tratamiento siempre y cuando se realicen los análisis pertinentes y el manantial esté adecuadamente protegido con una estructura que impida la contaminación del agua. Los manantiales se clasifican por su ubicación y su afloramiento.

Por su ubicación pueden ser:

- De ladera: El agua aflora de forma horizontal
- De fondo: El agua aflora de forma ascendente hacia la superficie.

Por su afloramiento pueden ser:

- Concentrados: Se dan cuando el agua aflora por un solo punto y sobre un área pequeña.
- Difusos: Se dan cuando el agua aflora por varios puntos y sobre un área mayor.

- **Fuentes de agua superficiales.** Se trata de una mezcla de agua que corre sobre la superficie del suelo y que brota del subsuelo, procediendo en su mayor parte de la lluvia. Debido a su exposición al ambiente pueden contaminarse durante su recorrido, por lo que necesitan un tratamiento de clarificación y desinfección. Como fuentes de agua superficial podemos encontrar:

- ★ **Ríos:** Son corrientes naturales de agua que fluyen de forma poco constante y que desembocan en el mar.
- ★ **Lagos:** Son masas de agua dulce o salada rodeadas de tierra.
- ★ **Embalses:** Son acumulaciones artificiales de agua en un ambiente natural.

- **Agua apta para el consumo humano:** Es aquella que al ser consumida no produce ningún daño físico.
- **Agua cruda:** Es aquella captada en estado natural, que no ha sido sometida a procesos de tratamiento.
- **Aguas duras** (o calcáreas) son aquellas que contienen un alto nivel de minerales, en particular sales de magnesio y calcio.

Los sistemas más comunes de abastecimiento de agua no cuentan con planta de tratamiento, por lo que es necesario escoger una fuente de agua de buena calidad. En este caso, debemos optar por las aguas subterráneas, que son de mejor calidad debido a que el agua, antes de subir hacia la superficie, viaja por grandes extensiones de terreno atravesando rocas, sedimentos y suelos que sirven como filtros naturales que eliminan impurezas de todo tipo.

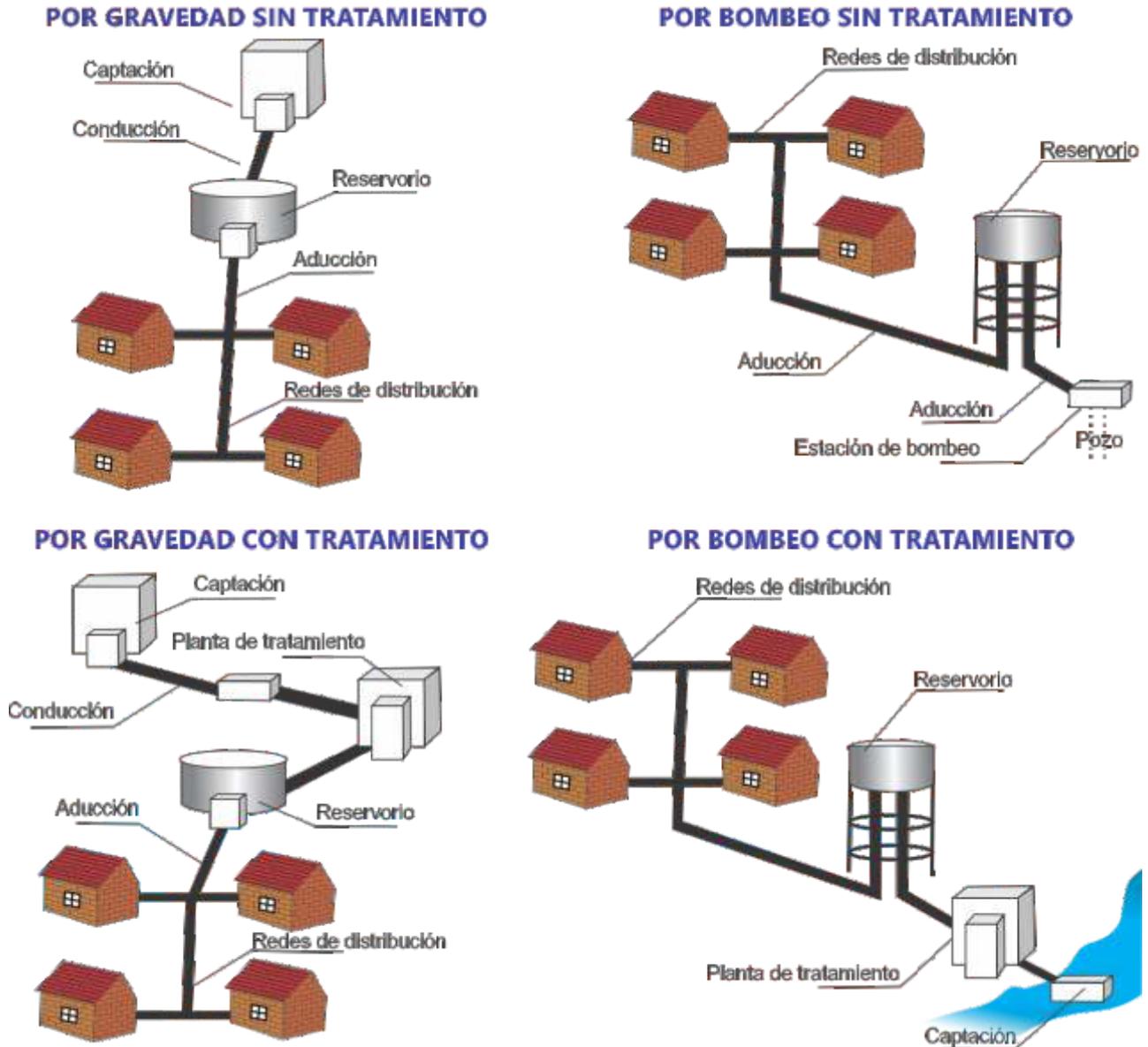
Se debe garantizar la cantidad de agua que se requiere para asegurar que el sistema funcione en todas las épocas del año, es decir, el caudal aforado en épocas de estiaje debe ser mayor al caudal de demanda (dotación). Para calcular este caudal de demanda, se debe determinar el volumen de agua que se necesita diariamente para satisfacer las necesidades básicas de la población, como son alimentación, higiene personal, lavado de ropa, lavado de utensilios, etc. A nivel mundial, existen diversos valores recomendados de dotación de agua, no obstante, en base a la experiencia en proyectos de abastecimiento de agua en el ámbito rural altoandino, se recomienda considerar una dotación de 60 litros por persona y día, aunque se debe maximizar este valor en la medida de lo posible, para considerar incrementos de la demanda en el futuro.

## SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

En función de la posición de la fuente de agua respecto a los puntos de consumo, encontramos:

- **Sistemas de abastecimiento de agua por gravedad.** Estos sistemas aprovechan la diferencia de alturas para poder hacer llegar el agua de la captación hasta el punto de consumo.
- **Sistemas de abastecimiento de agua por bombeo.** Necesitan energía externa para su funcionamiento, ya que la fuente se encuentra en una altura menor a la del sistema.

**Ilustración 11: Sistemas de abastecimiento de agua**



### 3.1.1 Sistema de abastecimiento de agua por gravedad sin planta tratamiento, con manantial de ladera

En el ámbito rural altoandino, es frecuente encontrar manantiales de agua de buena calidad capaces de abastecer a toda una comunidad. En estas zonas, se pueden aprovechar las fuentes de agua situadas en las partes más altas, por lo que los sistemas de abastecimiento de agua más usuales son los sistemas por gravedad. Además, dado que la calidad del agua suele ser buena, no es necesario contar con una planta de tratamiento, siendo suficiente un proceso de desinfección en el reservorio. Por eso, entre los tipos de sistemas descritos, el más usado es el sistema de abastecimiento de agua por gravedad sin tratamiento.

El manantial de este tipo de sistemas puede ser de fondo o de ladera. Los manantiales de fondo tienen un rendimiento bajo y pueden sufrir una disminución del caudal en tiempos de sequía y en caso de extracciones de agua cercanas. En cambio, de los manantiales de ladera se puede obtener un mayor rendimiento y un caudal más constante.



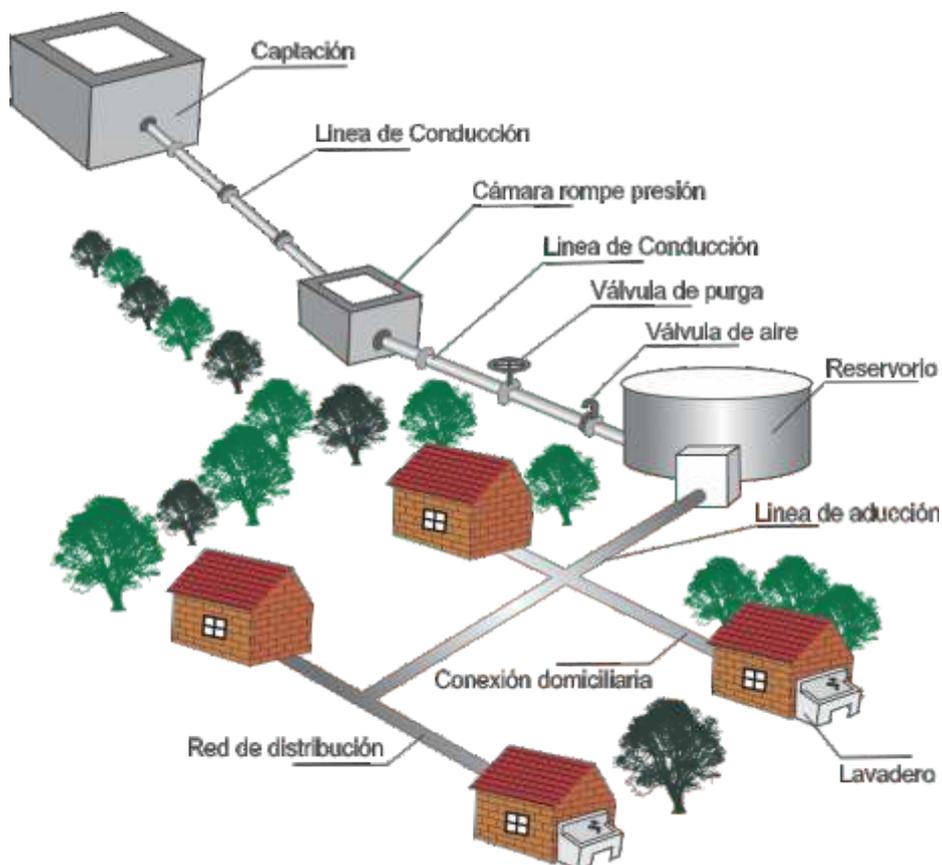
### INSTALACIÓN TÍPICA

De forma general, un sistema típico de abastecimiento de agua por gravedad sin planta de tratamiento consta de los siguientes componentes principales.

- **Captación:** Recoge el agua de la fuente y la protege de agentes externos.
- **Línea de conducción:** Es la encargada de llevar el agua desde la fuente hasta el reservorio.
- **Reservorio:** Almacena el agua para compensar los posibles cambios en el consumo. En este tipo de sistemas, es en el reservorio donde se realiza la desinfección del agua.
- **Línea de aducción:** Es el tramo de tubería que sale del reservorio y llega hasta la red de distribución. Esta tubería conduce la cantidad de agua que se consume en ese momento.
- **Red de distribución:** Es la encargada de conducir el agua desde la línea de aducción hasta cada punto de conexión.
- **Conexiones domiciliarias o piletas públicas:** Es el conjunto de accesorios y tuberías que constituyen el punto final de consumo.

A continuación se muestra un esquema del conjunto del sistema, así como una explicación detallada de cada uno de sus componentes.

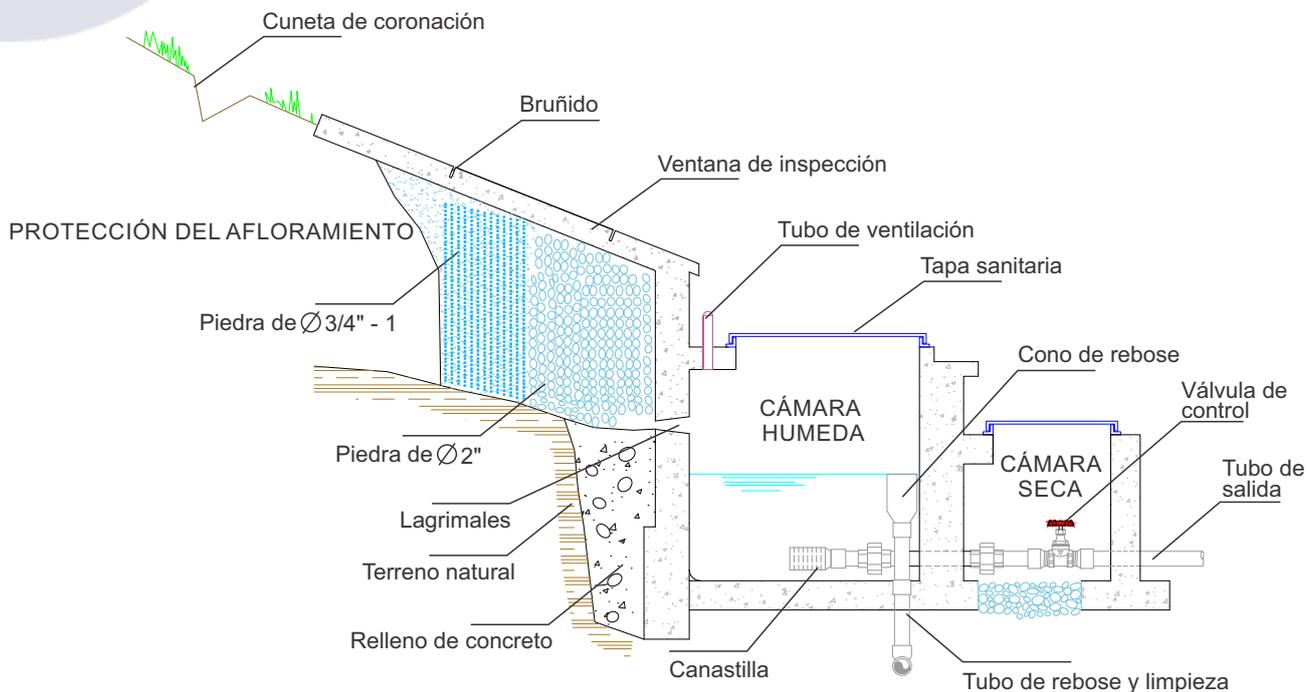
**Ilustración 12: Esquema general de un sistema de abastecimiento de agua por gravedad sin planta de tratamiento**



## CAPTACIÓN DE LADERA

Es una estructura de concreto armado que protege el agua del manantial de agentes externos que pueden contaminarla. Esta estructura está dividida en tres partes:

**Ilustración 13: Esquema de una captación de ladera**



### • PROTECCIÓN DEL AFLORAMIENTO

Cubre toda la extensión del área de percolación ocupada por el afloramiento, y cuenta con los siguientes elementos.

- ★ **Aleros laterales:** Son paredes que se extienden ligeramente por encima del nivel máximo al que llega el agua, marcan el límite de la captación y sirven para encauzar el agua desde el área de percolación que nace del manantial hacia la cámara húmeda.
- ★ **Material permeable:** Es una grava clasificada que sirve de filtro para limpiar el agua de impurezas, y además, evita el socavamiento de las paredes del manantial. Está conformado por dos capas: la primera, con piedras de 2 pulgadas de diámetro, ubicada a cinco centímetros de los lagrimales y la segunda, con piedras de 3/4 - 1 pulgada, cubriendo todos los puntos de afloramiento.
- ★ **Ventana de inspección:** Se ubica en el techo. Está hecha de concreto pobre, con un bruído que indica su posición. Ésta solo se abrirá en caso de obstrucción del manantial, para poder cambiar el material filtrante cuando sea necesario.

### • CÁMARA HÚMEDA

Es el compartimento donde se recolecta o reúne el agua que proviene del manantial y que luego será llevada por la línea de conducción hasta el reservorio. Está formada por los siguientes elementos.

- ★ **Lagrimales:** Es el orificio que permite el paso del agua del afloramiento hacia la cámara húmeda.
- ★ **Tapa sanitaria:** Es una tapa metálica protegida con pintura antioxidante, protege la entrada a la cámara húmeda y es utilizada durante las labores de inspección, limpieza y desinfección.
- ★ **Tubería de ventilación:** Es tubo situado en una de las paredes cerca del techo. Es de hierro galvanizado y cuenta con una malla en ambos extremos para evitar el ingreso de insectos.

Cumple la función de hacer circular el aire dentro de la cámara húmeda, evitando que el agua se torne dañina para el consumo humano.

- ★ **Cono de rebose:** Es de PVC y sirve para controlar el nivel de agua dentro de la cámara húmeda.
- ★ **Tubería de rebose y limpieza:** Es un tubo de PVC, que está unido al cono de rebose por un lado y al dado móvil por otro. Durante las labores de limpieza y desinfección se retira parte de este tubo (la que está unida con el cono de rebose y una unión ubicada en el fondo de la cámara) para que el agua pueda salir de una forma más rápida.
- ★ **Dado móvil:** Es un bloque hueco de concreto de forma rectangular, ubicado al final de la tubería de rebose y limpieza. Su función principal es la de proteger la tubería de salida del agua de rebose y desagüe de la entrada de insectos o suciedad que pueda contaminar el agua. Como su nombre indica, es móvil, porque en caso de limpieza y desinfección, debe ser retirado para dejar salir el agua, pero permanece en su lugar cuando el agua que sale es la de rebose, ya que ésta puede salir por la rejilla. Este dado está ubicado sobre un empedrado de piedra mediana que servirá como desagüe.
- ★ **Canastilla de salida:** Es un tubo de PVC con pequeños orificios, que permite el paso del agua pero impide el ingreso de insectos y objetos extraños a la línea de conducción.

#### • CÁMARA SECA

Es una estructura de concreto de menor tamaño que la cámara húmeda, que sirve de protección para las válvulas. Está conformada por los siguientes elementos.

- ★ **Tapa sanitaria:** Es una tapa metálica protegida con pintura antioxidante. Cumple la función de proteger la entrada a la cámara seca y es utilizada durante las labores de operación del sistema.
- ★ **Válvula de control:** Es una válvula que sirve para regular la cantidad de agua que sale hacia la línea de conducción.
- ★ **Tubería de salida:** Es una tubería de PVC que va unida a la canastilla de salida, a través de la cual, circula el agua de la cámara húmeda hacia línea de conducción. Esta estructura de captación debe estar correctamente protegida para evitar daños y maximizar su sostenibilidad.
- ★ **Cerco perimétrico:** Conformado por estacas de madera con alambre de púas que impiden el paso de animales y de personas que pueden dañar la estructura.
- ★ **Zanja de coronación:** Es un canal perimetral colocado en la parte superior de la captación con la finalidad de proteger la estructura del escurrimiento de las aguas superficiales en caso de lluvia. Es muy importante tener en cuenta que dentro del área de recarga del acuífero (es el área que rodea la fuente de agua dentro de un radio de 100 a 150 metros) debe estar prohibida la instalación de letrinas y pozos sépticos, así como actividades de crianza de animales, ya que pueden contaminar gravemente el manantial.

Fotografía 16: Captación de ladera



## LÍNEA DE CONDUCCIÓN

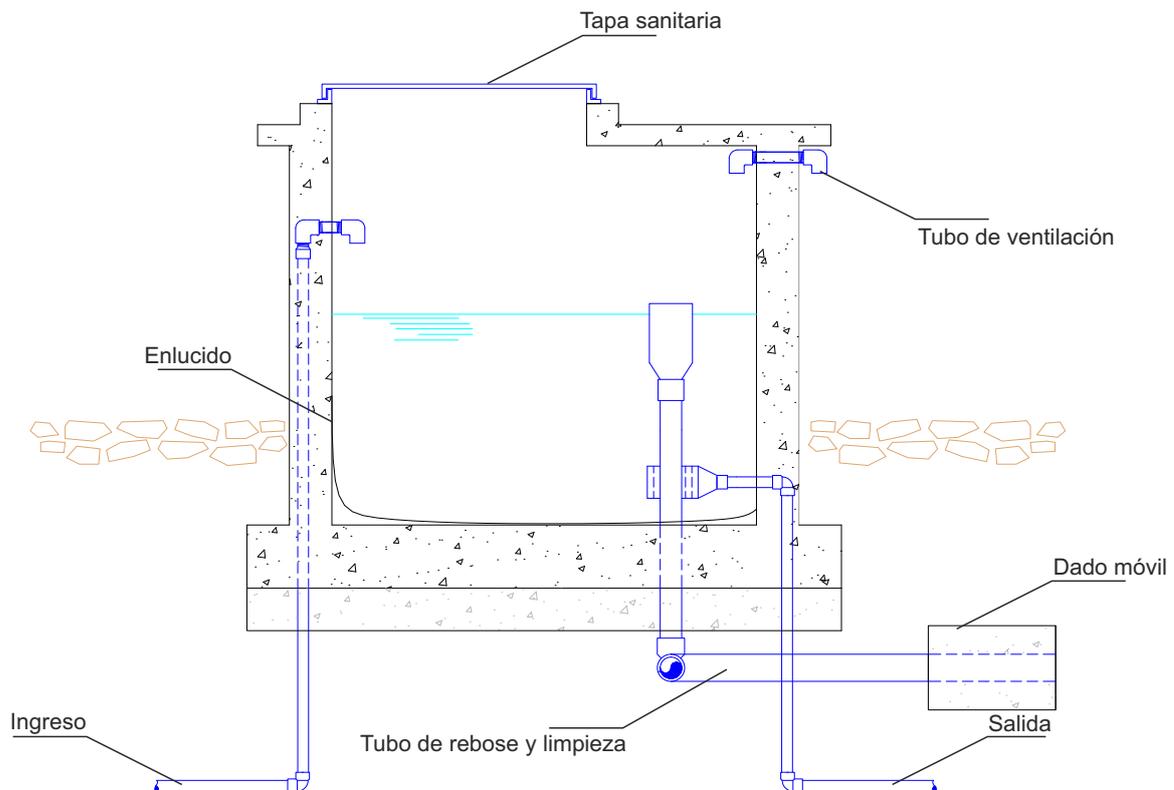
Es el conjunto de tuberías, válvulas y cámaras rompe presión que hacen llegar el agua captada del manantial hasta el reservorio. Es muy importante tener en cuenta la topografía y la pendiente del lugar, porque la tubería se coloca siguiendo el relieve del suelo. En caso que el terreno sea muy accidentado o existan tramos con pendientes excesivas, se construirán estructuras adicionales que ayuden a resolver el problema. A continuación se describen algunas de ellas:

- **CÁMARA ROMPE PRESIÓN TIPO 6**

Es una estructura de concreto y sirve para romper la presión del agua. Se coloca entre la captación y el reservorio cuando el desnivel que existe entre estos puntos es mayor que el que puede soportar la tubería. Este tipo de cámaras cuenta con los siguientes elementos:

- ★ Tapa sanitaria
- ★ Tubería de entrada
- ★ Tubería de ventilación
- ★ Tubo de rebose
- ★ Tubería de rebose y limpieza
- ★ Canastilla de salida
- ★ Dado móvil
- ★ Tubería de salida

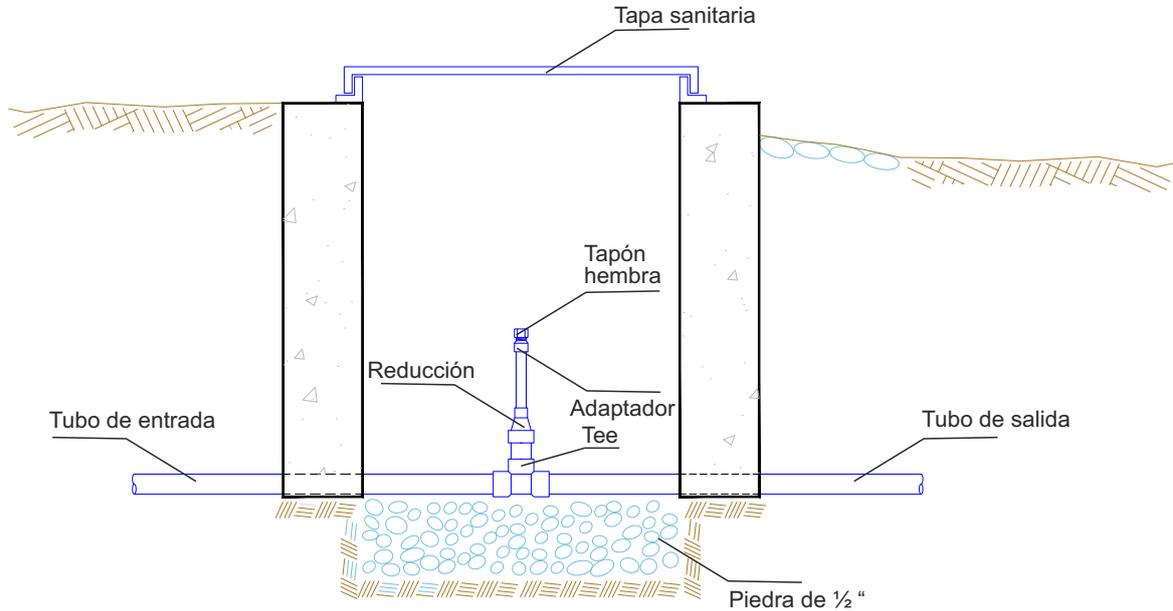
**Ilustración 14: Esquema de una cámara rompe presión tipo 6**



- **VÁLVULA DE AIRE**

Se coloca en las partes más altas de la tubería de conducción y su función es extraer el aire que pueda existir en la tubería que impida que el agua circule correctamente. En los tramos donde la pendiente es uniforme, se recomienda colocarlas cada dos kilómetros.

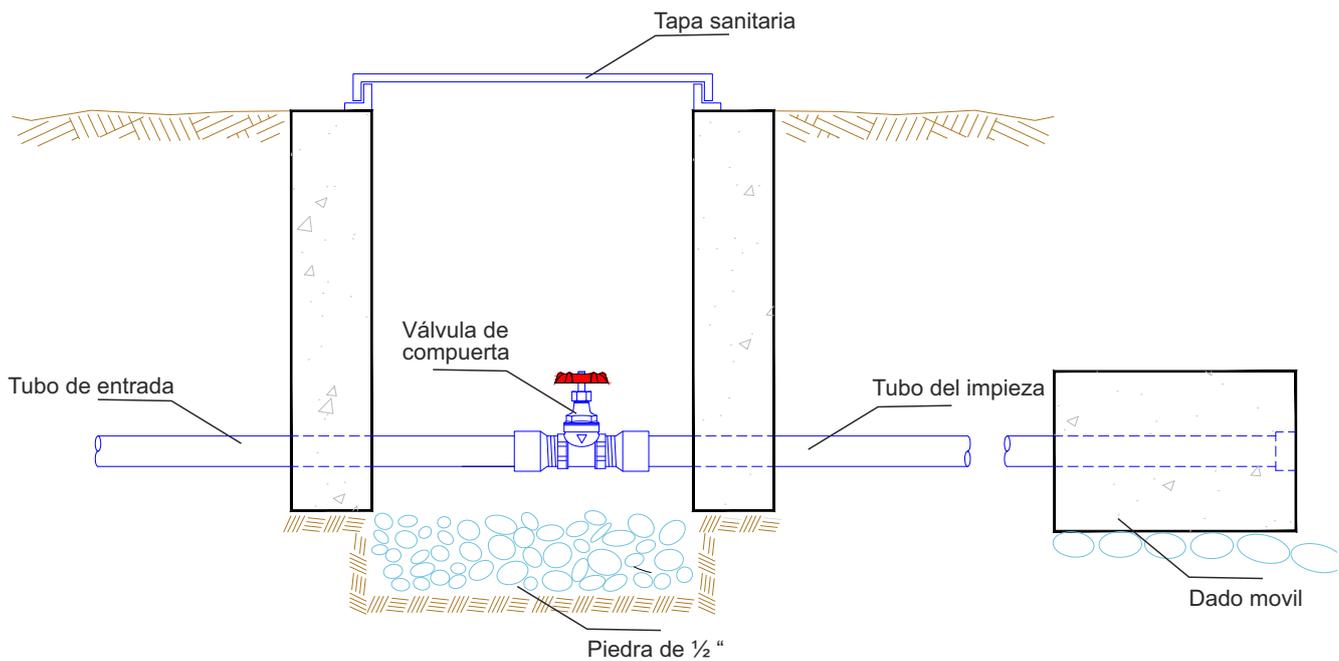
**Ilustración 15: Esquema de una válvula de aire**



- **VÁLVULA DE PURGA**

Se coloca en las partes más bajas de la tubería de conducción y cumple con la función de eliminar los sedimentos que se acumulan en la tubería.

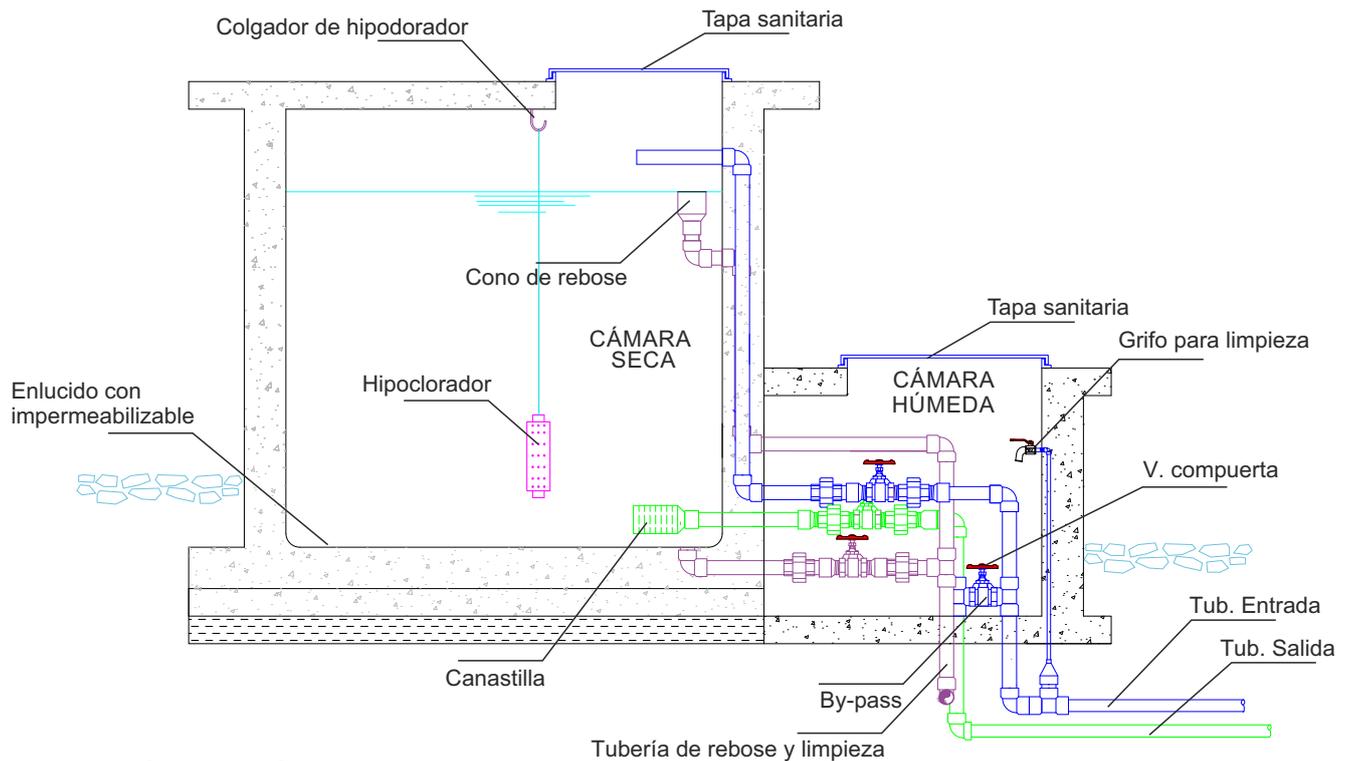
**Ilustración 16: Esquema de una válvula de purga**



## RESERVORIO

Es una estructura de concreto armado que tiene la finalidad de almacenar el agua que será distribuida hacia los puntos de conexión. Su función es compensar las variaciones de consumo que existen durante todo el día, además de asegurar la presión necesaria en todos estos puntos. Es importante tener en cuenta que el reservorio debe estar alejado de focos de contaminación, como pueden ser letrinas, pozos sépticos, botaderos y criaderos de animales. En la mayoría de sistemas de abastecimiento de agua, el reservorio es el lugar más adecuado para realizar la desinfección del agua con cloro. Pueden ser de forma circular o rectangular y constan de dos partes fundamentales: cámara húmeda y cámara seca

**Ilustración 17: Esquema de un reservorio**



### • CÁMARA HÚMEDA

Es la parte de la estructura donde se reúne el agua proveniente de la línea de conducción y que luego abastecerá a la línea de distribución. Cuenta con los siguientes elementos.

- ★ **Tapa sanitaria**
- ★ **Tubería de entrada**
- ★ **Tubería de ventilación**
- ★ **Colgador del hipoclorador:** Es un pequeño gancho que está empotrado en el techo del reservorio. Se encuentra a un metro de distancia de la tubería de entrada y sirve para colgar el hipoclorador.
- ★ **Hipoclorador:** Es un depósito de PVC con pequeños orificios donde se coloca el cloro que sirve para desinfectar el agua. Éste cuelga del gancho por medio de un hilo de nylon a una distancia del fondo del reservorio de veinte centímetros.
- ★ **Cono de rebose**
- ★ **Tubería de rebose y limpieza:** Esta tubería debe tener un diámetro mayor que el de la tubería de entrada, permitiendo un tiempo de vaciado menor a 8 horas.
- ★ **Dado móvil**
- ★ **Canastilla de salida**
- ★ **Tubería de salida**

Las paredes internas del reservorio deben ser lisas y estar recubiertas con impermeabilizantes, para proteger la estructura de la corrosión, además de facilitar su limpieza. Finalmente, se debe colocar una escalera de acero que permita el ingreso del personal encargado de la operación y mantenimiento, para facilitar su trabajo.

- **CÁMARA SECA**

Es una caja de concreto donde están ubicadas las válvulas y cuenta con una tapa metálica para su protección. Para mayor facilidad durante la operación y mantenimiento del reservorio, las válvulas de control se pueden distinguir por sus colores.

- ★ **Válvula de entrada:** Es de color azul y sirve para regular el ingreso de agua proveniente de la línea de conducción.
- ★ **Válvula de salida:** Es de color verde y permite la salida del agua hacia la línea de aducción
- ★ **Válvula de desagüe:** Es de color negro y sirve extraer el agua de la cámara cuando se realizan las labores de limpieza y mantenimiento.
- ★ **By-Pass:** Se instalará una tubería con una conexión directa entre la entrada y la salida, de manera que cuando se cierre la tubería de entrada al reservorio de almacenamiento, el caudal ingrese directamente a la línea de aducción. Ésta constará de una válvula de compuerta que permita el control del flujo de agua con fines de mantenimiento y limpieza del reservorio.
- ★ **Válvula de compuerta:** Es una válvula que se abre mediante el levantamiento de una compuerta o cuchilla (puede ser redonda o rectangular) permitiendo así el paso del fluido.
- ★ **Grifo de limpieza:** Se conecta una manguera a este grifo para facilitar las labores de limpieza.

De forma análoga al caso de la captación, el reservorio debe estar correctamente protegido con un cerco perimétrico para evitar daños y maximizar su sostenibilidad. En este caso, por estar ubicado generalmente en una zona plana, no es necesaria la zanja de coronación.

- **DESINFECCIÓN DEL AGUA**

En este tipo de sistemas de abastecimiento de agua la desinfección se realiza por cloración en el propio reservorio. La desinfección es el proceso mediante el cual se extraen, desactivan o eliminan los microorganismos patógenos que se encuentran en el agua, impidiendo de esta manera su crecimiento y reproducción y, por tanto, la proliferación de enfermedades.

El cloro es el desinfectante más usado en el mundo porque garantiza que el agua potable llegue hasta los puntos de consumo en perfectas condiciones. El cloro, en contacto con el agua, forma ácido clorhídrico que penetra y desgarran las membranas celulares de los microorganismos, interrumpiendo así su metabolismo. La cloración impide además, que proliferen las algas y los hongos en el interior de los tubos de suministro y en los depósitos de almacenamiento.

**Desinfección con hipoclorito de calcio al 30-35 %**

El cloro adquiere en el agua diversas formas, cada una de ellas con un poder desinfectante diferente que va cambiando con el tiempo. Esto depende de la cantidad de materia orgánica, la concentración de cloro, temperatura, radiación solar, etc. Así, podemos encontrar:

- ★ **Cloro residual:** Es el porcentaje de cloro presente en el agua después de la desinfección o fracción de cloro que conserva sus propiedades desinfectantes.
- ★ **Cloro residual libre:** Es la cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso o hipoclorito. Su concentración no debe superar 1 mg/l.
- ★ **Cloro residual combinado:** Es la cantidad de cloro presente en el agua en forma de cloraminas u otros compuestos orgánicos de cloro. Su concentración no debe superar 2 mg/l.

Para realizar este proceso de desinfección correctamente, se deben colocar dentro del hipoclorador 2 kilos de hipoclorito de calcio al 30-35% disuelto con la suficiente cantidad de agua para obtener una masa, la cual se coloca en contacto con el agua para su desinfección. Este procedimiento debe realizarse cada mes o cuando se compruebe que el cloro residual en el agua es menor que 0.5 mg/l, para lo cual se pueden utilizar kits de medida específicamente diseñados para tal efecto.

### RED DE DISTRIBUCIÓN

Llamamos red de distribución al conjunto de tuberías principales y ramales secundarios que permiten la distribución del agua proveniente de la línea de aducción hacia las instalaciones de domiciliarios o piletas públicas.

En el área rural se considera un esquema de distribución abierto (denominado informalmente espina de pescado), por ser la más adecuada para poblaciones pequeñas. Esta red de distribución, consta de una tubería principal que se coloca en el centro de la población, cuyo diámetro va disminuyendo de principio a fin mientras va alimentando a otras tuberías laterales que se desprenden de ella. Se considera un diámetro mínimo para los ramales de ½" en puntos de conexión domiciliarios y de 1" para las piletas públicas. Estas tuberías funcionan a presión y cuentan con los siguientes elementos.

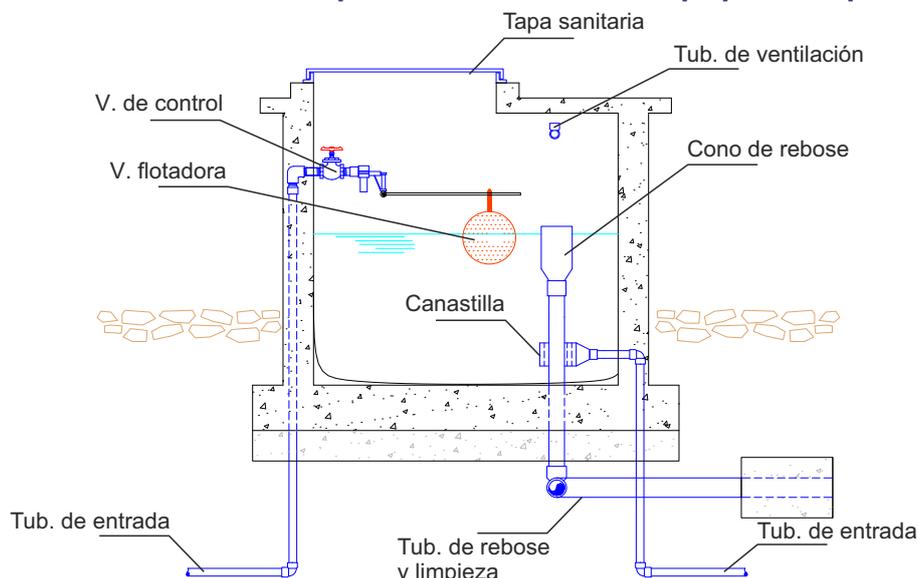
- **Válvulas de control:** La red de distribución está provista de válvulas de control que se utilizan para regular el caudal por sectores y de esta manera poder aislarlos en caso de reparación o mantenimiento.
- **Válvulas de paso:** Sirven para controlar el ingreso de agua a los puntos de conexión
- **Válvula de purga:** Estas válvulas se colocan en las partes más bajas de la tubería de distribución y sirven para evacuar los sedimentos que puedan obstruir la tubería.

Cuando existen grandes desniveles en la red de distribución (mayores de 50 m) es necesario colocar cámaras rompe presión, que son estructuras que permiten disipar energía con la finalidad de evitar que la tubería pueda romperse. La ventaja de estas cámaras es que permiten utilizar tuberías de menor clase, reduciendo de esta manera los costos. No obstante, la construcción de este tipo de cámaras supone un sobrecosto, por lo que solo deben construirse las estrictamente necesarias. En esta parte de la instalación, se deben construir cámaras rompe presión de tipo 7, que a diferencia de las cámaras rompe presión tipo 6, cuentan con una válvula de control y con una boya flotadora.

- **CÁMARA ROMPE PRESIÓN TIPO 7**

Consta de los siguientes elementos:

**Ilustración 18: Esquema de una cámara rompe presión tipo 7**



- ★ **Tubería de entrada**
- ★ **Válvula de control:** Sirve para regular el caudal de entrada a la cámara y para realizar las labores de limpieza y mantenimiento.
- ★ **Válvula flotadora:** Sirve para regular la salida de agua en función del consumo
- ★ **Boya:** Accesorio que controla el cierre de la válvula flotadora en función del nivel de agua que exista en la cámara húmeda.
- ★ **Cono de rebose:** Sirve para evacuar el excedente de agua dentro de la cámara en caso que se malogre la válvula flotadora.
- ★ **Tubo de rebose**
- ★ **Tubería de ventilación**
- ★ **Tubería de rebose y limpieza**
- ★ **Canastilla de salida**
- ★ **Dado móvil**
- ★ **Tapa sanitaria**
- ★ **Tubería de salida**
- ★ **Canal de desagüe**
- ★ **Cerco perimétrico**

## PUNTOS DE CONEXIÓN

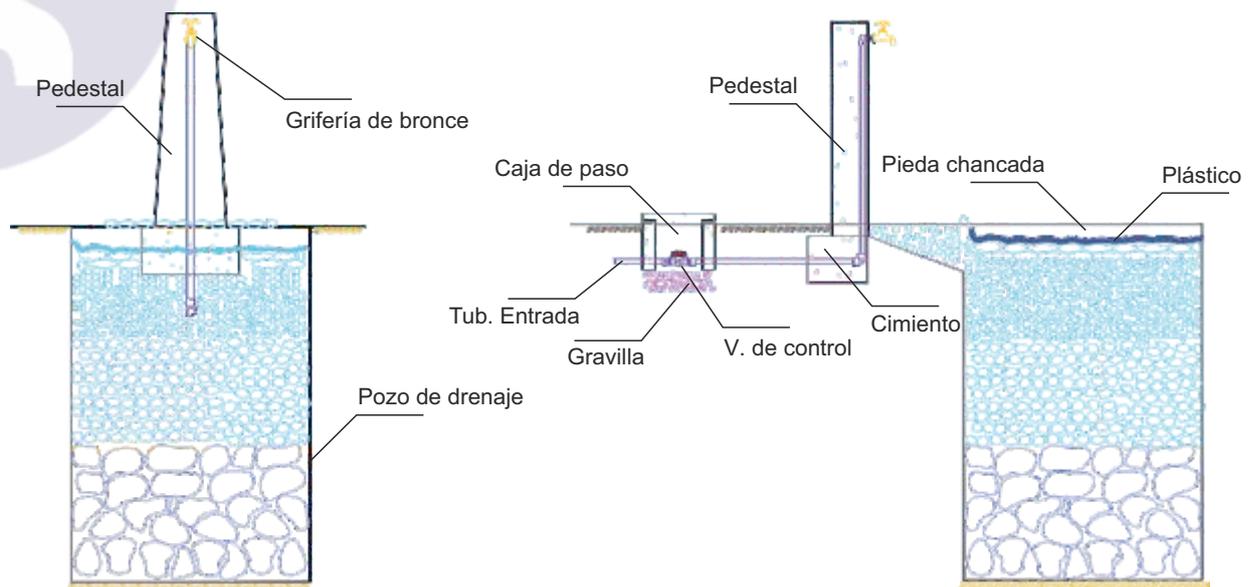
Se trata de las tuberías y accesorios que permiten que el agua pueda llegar a los puntos de consumo, permitiendo de esta manera que las familias puedan satisfacer su demanda de agua. Estas conexiones pueden ser domiciliarias o públicas, dependiendo del tipo de proyecto y de los recursos económicos con los que se cuente. No obstante, en el ámbito rural andino suelen construirse piletas domiciliarias, las cuales se describen a continuación.

### • PILETAS DOMICILIARIAS

Son estructuras de albañilería y concreto construidas con la finalidad de dar mejor servicio a los usuarios del sistema, dándoles la comodidad y la facilidad necesaria durante el recojo de agua para uso domiciliario. A continuación, se detallan los componentes de una pileta de este tipo.

- ★ **Tubería de entrada:** Es la tubería que se conecta a la red de distribución.
- ★ **Caja de paso:** Es una caja de concreto que sirve de protección a la válvula de control.
- ★ **Válvula de control:** Regula el paso de agua que viene de la red de distribución. En caso de reparación o mantenimiento esta válvula debe cerrarse para poder realizar las tareas necesarias.
- ★ **Pedestal:** Se trata de un muro de albañilería por donde pasa la tubería que se conecta a la red de distribución. La altura del muro debe facilitar la recolección y uso de agua.
- ★ **Grifería:** Es un dispositivo que regula el caudal de agua para su uso domiciliario.
- ★ **Pozo de drenaje:** Está compuesto de material granular que permite la filtración de agua y cumple la función de desagüe.

**Ilustración 19: Esquema de una pileta domiciliaria**



## RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA

La correcta operación y mantenimiento del sistema, nos permite obtener agua de calidad con un servicio continuo y en la cantidad necesaria. Además, garantiza la vida útil del sistema y que los gastos por reparación sean mínimos. En particular, se debe prestar especial atención a la captación y el reservorio.

### CAPTACIONES EN MANANTIALES

En primer lugar, se debe realizar la desinfección y limpieza de la cámara húmeda periódicamente, así como verificar que el tubo y el cono de rebose estén en su lugar.

- **Proceso de limpieza.** Se inicia en la parte externa de la captación, con la limpieza de maleza y de objetos extraños que puedan contaminar la fuente, seguido de la limpieza del canal de escurrimiento y la salida de la tubería de desagüe. Posteriormente, se procede a la limpieza interna, para lo cual se abre la tapa metálica de la cámara húmeda, se retira la tubería de rebose y limpieza para vaciar el agua por el canal de desagüe y se remueven los sedimentos del fondo con una palana. Con una escobilla y detergente, se procede a eliminar la suciedad del piso, las paredes y los accesorios, para finalmente, enjuagar y dejar que el agua salga arrastrando toda la suciedad.
- **Proceso de desinfección y limpieza.** El siguiente paso es la desinfección para eliminar los microorganismos, lo cual se realiza siempre después de cada limpieza o reparación. Para ello, en primer lugar, se quita el dado móvil y el tubo de rebose y limpieza para poder vaciar la cámara húmeda. En un balde se colocan 10 litros de agua y 6 cucharadas (una cucharada equivale a 10 gr de hipoclorito de calcio al 30-35%) de hipoclorito de calcio al 30%-35%. Se disuelve bien hasta obtener una mezcla uniforme y, con un trapo, se frota el piso, las paredes y los accesorios con la mezcla. Una vez hecho esto, se coloca el tubo de rebose y se deja llenar la cámara húmeda. A un balde con 10 litros de agua se le agregan 13 cucharadas de hipoclorito de calcio al 35%, esta mezcla se vacía en la cámara húmeda llena y se deja correr el agua por el cono de rebose durante 2 horas. Para terminar, se retira el cono de rebose y el tubo de desagüe y se eliminan los residuos de cloro.

Realizada la desinfección se vuelve a colocar el tubo y el cono de rebose en su lugar, se deja llenar nuevamente la cámara húmeda y se pone en funcionamiento el sistema de abastecimiento de agua, abriendo la válvula de control.

Tabla 3: Cronograma de mantenimiento de la captación

FRECUENCIA	ACTIVIDADES
Mensual	Girar las válvulas para evitar su endurecimiento, dando un cuarto de vuelta tanto a la derecha como a la izquierda.
Trimestral	Limpiar la zona cercana de la captación de piedras, maleza y objetos extraños. Limpiar el dado móvil y el canal de desagüe. Aforar el rendimiento del manantial en la salida del tubo de rebose y limpia.
Semestral	Limpiar y desinfectar todas las partes del sistema. Lubricar las válvulas de control y protegerlas con pintura anticorrosiva. Verificar que no haya fugas o grietas en la estructura. Restaurar con un mortero de cemento y arena en la misma proporción.
Anual	Pintar las válvulas de control, tapas sanitarias, muros exteriores y techo.

### EN EL RESERVORIO

Esta estructura almacena el agua para consumo humano, por lo que debe estar permanentemente protegida de la contaminación y de la formación de microorganismos en su interior.

- **Proceso de limpieza.** Se inicia en la parte externa con el retiro de piedras, maleza y objetos extraños que se encuentren cerca al reservorio y puedan contaminar la fuente, seguido de la limpieza de las paredes exteriores y el techo del reservorio, del dado móvil y del canal de desagüe.
- **Proceso de desinfección.** El siguiente paso es la desinfección para eliminar los microorganismos, lo cual se realiza siempre después de cada limpieza o reparación, de forma análoga al caso de las captaciones. Para ello, en primer lugar, se cierra la válvula de entrada, se abre la válvula de desagüe y se retiran el dado móvil y el tubo de rebose y limpieza para poder vaciar el agua que se encuentra almacenada. Posteriormente, se colocan en un balde 20 litros de agua, 4 cucharadas de hipoclorito de calcio al 30%-35%, se disuelve bien hasta obtener una mezcla uniforme y, con un trapo, se frota el piso, las paredes y los accesorios con la mezcla. Una vez hecho esto, se cierra la válvula de desagüe y se abre la válvula de entrada para llenar nuevamente el reservorio. A continuación, se prepara otra mezcla de hipoclorito de calcio al 30-35%, con un peso de 1.67 kg por cada 10 m<sup>3</sup> de volumen del reservorio, procurando que la mezcla sea uniforme. Cuando el agua ocupe la mitad del reservorio, se debe agregar poco a poco la mezcla de hipoclorito de calcio al 30-35%, procurando que la mezcla sea uniforme. Llenado el reservorio, se cierra la válvula de entrada, dejando que la mezcla actúe durante un mínimo de 4 horas. Transcurrido este tiempo, se abre la válvula de salida que abastece la red de distribución, para que las tuberías de la misma también se desinfecten. Finalmente, se procede a vaciar el reservorio abriendo la válvula de desagüe.

Realizada la desinfección, se cierra la válvula de desagüe y se abre la válvula de entrada para volver a llenar el reservorio. Posteriormente se abre la válvula de salida para poner en funcionamiento de nuevo el sistema.

En la siguiente tabla se detalla el cronograma de mantenimiento recomendado de los reservorios.

**Tabla 4: Cronograma de mantenimiento del reservorio**

FRECUENCIA	ACTIVIDADES
<b>Mensual</b>	Girar las válvulas para evitar su endurecimiento dando un cuarto de vuelta tanto a la derecha como a la izquierda. Reponer el cloro en el hipoclorador.
<b>Trimestral</b>	Limpiar la zona cercana de la captación de piedras, maleza y objetos extraños. Limpiar el dado móvil
<b>Semestral</b>	Limpiar y desinfectar todas las partes del sistema. Lubricar y aceitar las válvulas de control y protegerlas con pintura anticorrosiva. Verificar que no haya fugas o grietas en la estructura. Restaurar con un mortero de cemento y arena en la misma proporción. Verificar el estado de la tapa sanitaria y del tubo de ventilación. Pintar la escalera metálica
<b>Anual</b>	Pintar las válvulas de control, las tapas sanitarias, los muros exteriores y el techo.



## OPCIONES TÉCNICAS

A continuación se presentan algunas alternativas que se puedan emplear para adaptarse a las condiciones locales, ya que este tipo de sistemas no presenta una solución única.

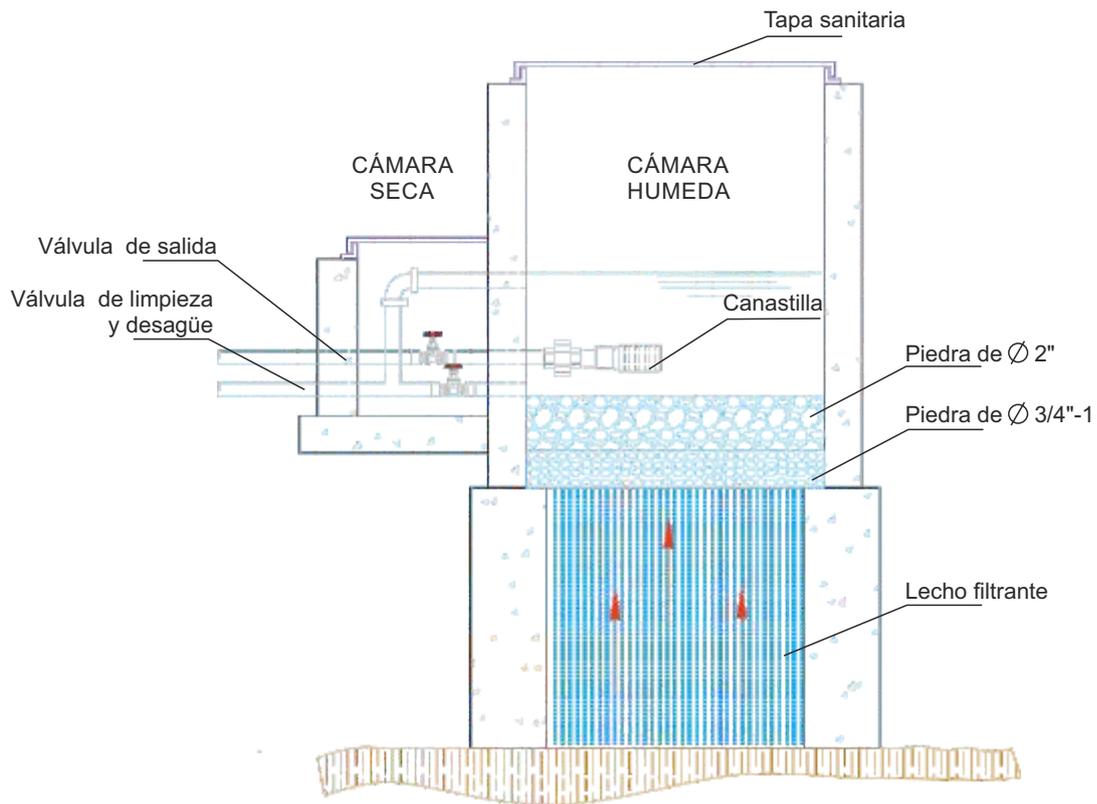
### Captación de fondo puntual

En manantiales de fondo, a diferencia de los de ladera, el agua brota del fondo de la tierra a través de una grieta. El rendimiento de este tipo manantial suele ser uniforme y casi constante durante todo el año. En este caso, explicaremos cómo es una captación de manantial de fondo puntual, la cual es adecuada cuando el afloramiento está concentrado en 1 ó 2 puntos bien definidos.

Se trata de una estructura de concreto armado que consta de dos partes: una cámara húmeda, es decir, una cámara sin fondo que rodea el punto de afloramiento y almacena el agua, y una cámara seca donde se encuentran las válvulas de limpieza y de salida.

En este caso, las recomendaciones de operación y mantenimiento son análogas al caso de las captaciones de ladera.

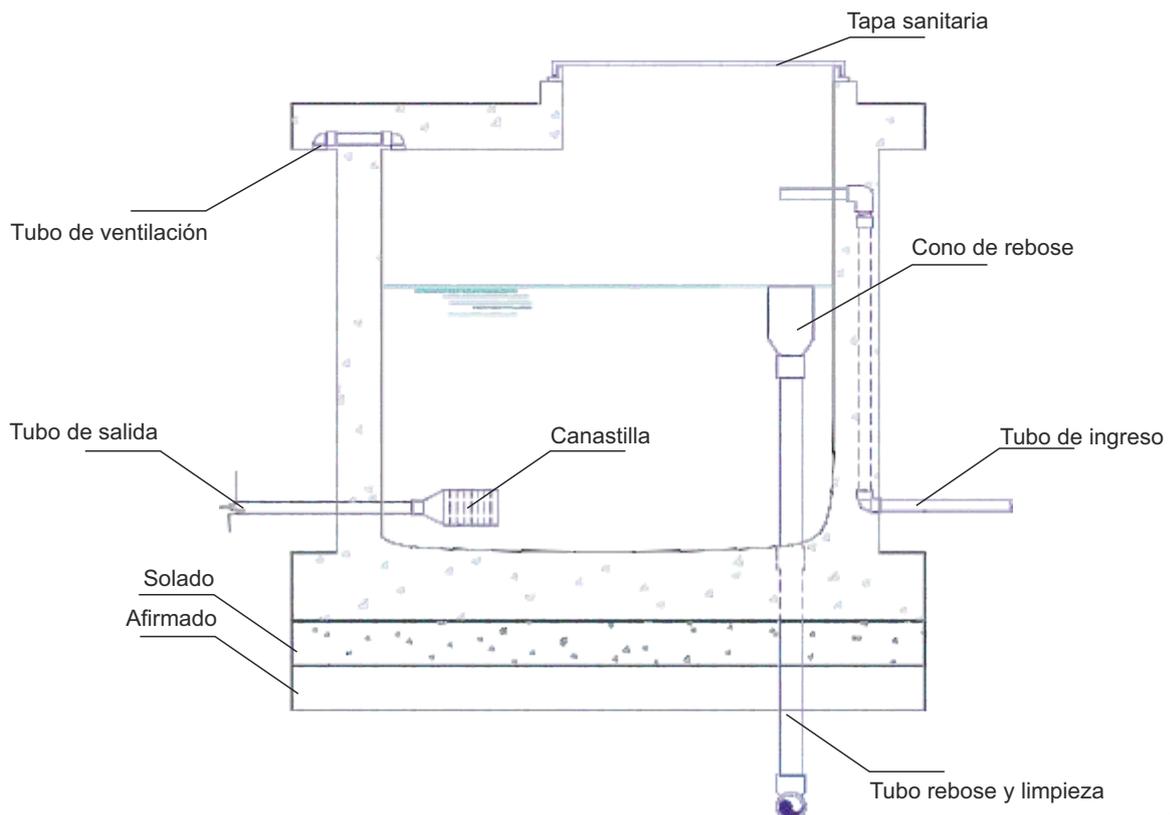
**Ilustración 20: Esquema de una captación de manantial de fondo**



**Cámara de reunión**

En el caso de manantiales difusos, donde los puntos de afloramiento estén cercanos unos de otros, se pueden construir varias captaciones y, a través de una tubería, se lleva a la cámara reunión, de donde comenzará la línea de conducción. Cuenta con cámara húmeda y cámara seca.

**Ilustración 21: Esquema de cámara de reunión**



### Reservorio de ferrocemento

El ferrocemento es una opción técnica económica y rápida de construir. Se trata de un material similar al concreto reforzado, que está compuesto de mortero de cemento hidráulico con arena, agua y una malla de alambre emparrillado de acero de pequeño diámetro, con los que se obtiene una estructura rígida, que responde a las exigencias técnicas que debe cumplir un tanque de almacenamiento. Una de las ventajas del ferrocemento es que permite una disminución del costo total de hasta el 50% con respecto a las estructuras de concreto armado normales, al reducir la cantidad de materiales. Esto se debe a que las dimensiones de la estructura se reducen a un grosor de entre 4 y 5 cm, reduciendo el peso y el volumen de la estructura hasta un 50%, y la armadura hasta en un 35%, por lo que se hace también más fácil y económico el transporte de materiales. Como se puede apreciar, este tipo de reservorios tienen muchas ventajas, pero su principal inconveniente es que es muy poco conocido y es por ello que no existen muchos reservorios de este tipo. En la actualidad, existe mayor información y se espera que el número de reservorios de ferrocemento aumente a medio plazo.

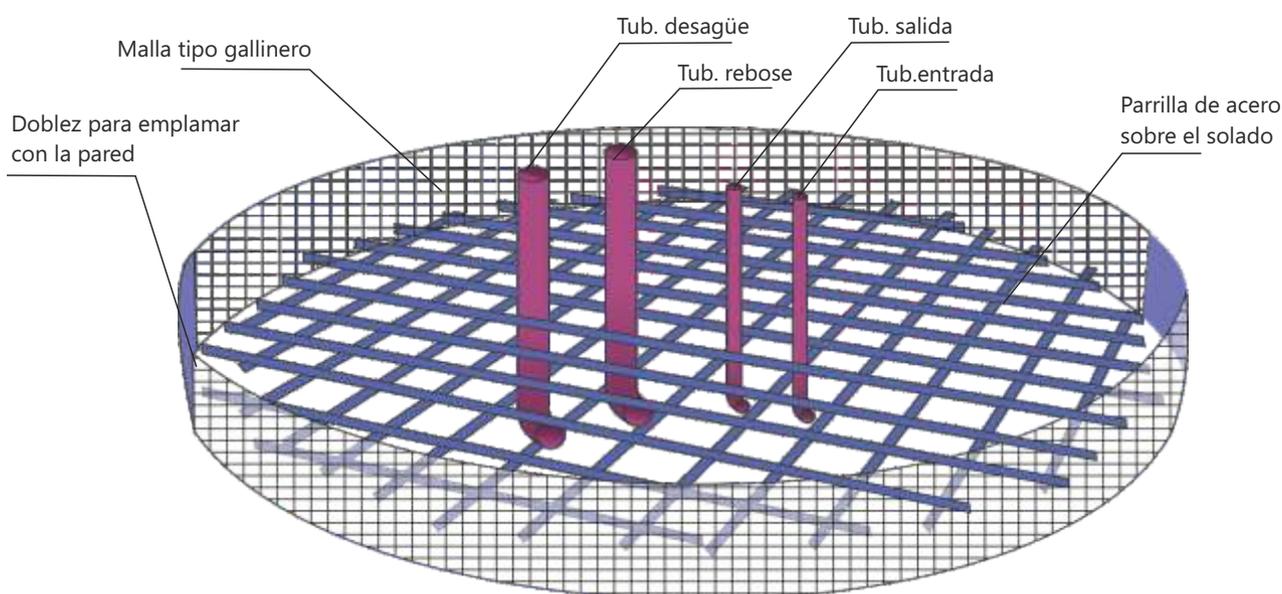
### Proceso constructivo de un tanque de ferrocemento

A continuación se describe paso a paso y de forma sencilla cómo se deben construir este tipo de reservorios:

- **Paso 1: Cimentación.** Limpiar y compactar el suelo donde se va a construir el reservorio de manera que quede una superficie uniforme. En función del tipo de suelo sobre el que se esté trabajando, en algunos casos, es necesario realizar un solado para mejorar su resistencia. Sobre el suelo preparado, se coloca una malla gallinero y una parrilla de acero, la cual debe estar construida con un espacio de 15 cm entre barras, amarradas con alambre negro, dejando sobresalir un palmo de malla gallinero para que exista una mejor unión entre el piso y las paredes.

Antes de realizar el vaciado del concreto para la cimentación se dejan instaladas las tuberías de entrada, salida, desagüe y rebose.

**Ilustración 22: Cimentación**

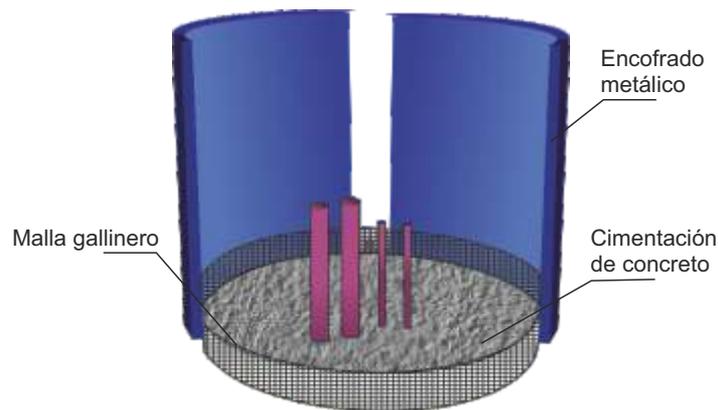


Fotografía 17: Vaciado de la cimentación con concreto.



- **Paso 2: Encofrado.** El encofrado puede ser de madera (triplay), pero el más usado es el de acero por ser reutilizable. Éste se coloca sobre la cimentación y, dejando que la malla gallinero quede encima, el encofrado es bañado con petróleo para evitar que haya adhesión con el mortero.

Ilustración 23: Encofrado Metálico



Fotografía 18: Encofrado Metálico



- **Paso 3: Refuerzo.** Sobre el encofrado de acero, se coloca la malla gallinero dando de una a dos vueltas, dejando un traslape de 30 cm entre cada malla y otro traslape para el techo. Esta malla, junto con el traslape de la parte inferior, es asegurada al encofrado de acero con alambres de hierro galvanizado a una distancia de 10 cm entre ellos.

**Fotografía 19: Malla sobre encofrado de acero**



**Fotografía 20: Refuerzo con hierro galvanizado.**



- **Paso 4: Primera capa externa.** Se prepara el mortero con una unidad de volumen de cemento, tres de arena y media de agua. Una vez está listo el mortero, se aplica sobre la malla de forma que quede uniforme y rugoso. Para ello, se le puede aplicar un bruñido para que pueda adherirse mejor a la siguiente capa. Finalmente, se deja envuelto el mortero con tela de yute mojada hasta el día siguiente, para un lograr un adecuado proceso de curado.

**Fotografía 21: Colocación de la primera capa de mortero**



**Fotografía 22: Bruñido sobre el mortero**



- **Paso 5: Segunda capa externa.** Sobre la capa anterior de superficie rugosa, se unta una lechada de cemento (cemento con agua) con un cepillo o brocha de pintar, para mejorar la adhesión entre las dos capas. Una vez hecho esto, se coloca la segunda capa externa de modo uniforme y se realiza el enlucido o acabado. Se repite el paso para el fraguado con la tela de yute pero esta vez, por un periodo de 7 días, mojando la tela frecuentemente.

- **Paso 6: Retiro de encofrado metálico y lavado interno.** Después de una semana de curado del cemento, se retira el encofrado de acero y se lava la cara que ha estado en contacto con la cercha metálica, para quitar todos los residuos de petróleo que puedan haber quedado del encofrado, ya que dificultarían la adherencia de la siguiente capa de mortero.
- **Paso 7: Primera capa interna.** Como en las capas anteriores, se unta la lechada de cemento en la pared desencofrada con un cepillo o brocha de pintar. Para asegurar la adhesión, se coloca el mortero de forma que la capa quede uniforme y rugosa. Para terminar se realiza el curado con tela de yute mojada y se deja hasta el día siguiente.
- **Paso 8: Segunda capa interna.** Se vuelve a untar con lechada de cemento sobre la capa anterior. Durante la preparación del mortero se agrega un impermeabilizante de manera uniforme para proteger el mortero de la corrosión del agua y se realiza el enlucido.
- **Paso 9: Piso.** Después de haber terminado con las paredes, con un mortero con aditivo impermeabilizante se coloca una capa más para el piso de modo que tenga una pendiente del 1% con dirección al desagüe de piso, dejando un chaflán entre el piso y las paredes para facilitar la limpieza. Finalmente se enlucirá para darle un buen acabado.

**Fotografía 23: Encofrado de madera para techo**



- **Paso 10: Encofrado del techo y colocación de la malla.** Se coloca un encofrado de madera dejando espacio suficiente para un alero, que evite que el agua escurra por las paredes, y para la ventana de inspección, dotándolo de una pendiente suficiente que permita evacuar el agua adecuadamente. La malla de acero se habilita de acuerdo a la forma del techo, dejando un traslape para el alero.
- **Paso 11: Vaciado del techo.** Sobre el encofrado de madera, se vacía una capa fina de mortero de manera que quede uniforme. Posteriormente, se procede a doblar sobre esta primera capa la malla gallinero que proviene de las paredes (paso 3), aprovechando que el mortero está fresco. Seguidamente, se coloca la malla de acero habilitada anteriormente, asegurándola con hierro galvanizado. Una vez seca esta capa, se procede al vaciado de la segunda y última capa con un terminado enlucido.

Después del secado y curado correspondiente se realiza el pintado, con lo que se concluye la construcción de reservorio de ferrocemento.

### Captación de agua de lluvia

Otro medio para obtener agua para consumo humano es aprovechando el agua de lluvia, sobre todo en lugares de alta o media precipitación donde se tiene agua de calidad y cantidad suficiente.

En este tipo de sistemas se utiliza el techo como captación, por lo que reciben el nombre de **sistemas de captación de agua pluvial en techos (SCAPT)**. La oferta de agua está relacionada directamente con las precipitaciones que ocurran durante el año y sus variaciones estacionales, por lo que es muy importante tener datos de entre 10 y 15 años, otorgados por la oficina meteorológica pública correspondiente, debiendo considerarse una dotación de agua por familia que no debe ser inferior a 20 litros al día.

A continuación se detallan las ventajas y desventajas de este tipo de sistemas, así como los diferentes elementos que los conforman.

**Tabla 5: Ventajas y desventajas de los sistemas de captación de agua pluvial en techo**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Alta calidad físico química del agua de lluvia	Costo inicial de implementación alto
Ideal para comunidades dispersas por ser un sistema independiente	Cantidad oferta depende de las precipitaciones en la zona.
No requiere energía para la operación del sistema	
Mano de obra local y materiales de la zona	
Mantenimiento fácil	
Ahorro de tiempo en la recolección de agua	

**Ilustración 24: Esquema de un sistema de captación de agua pluvial en techo**



### CAPTACIÓN

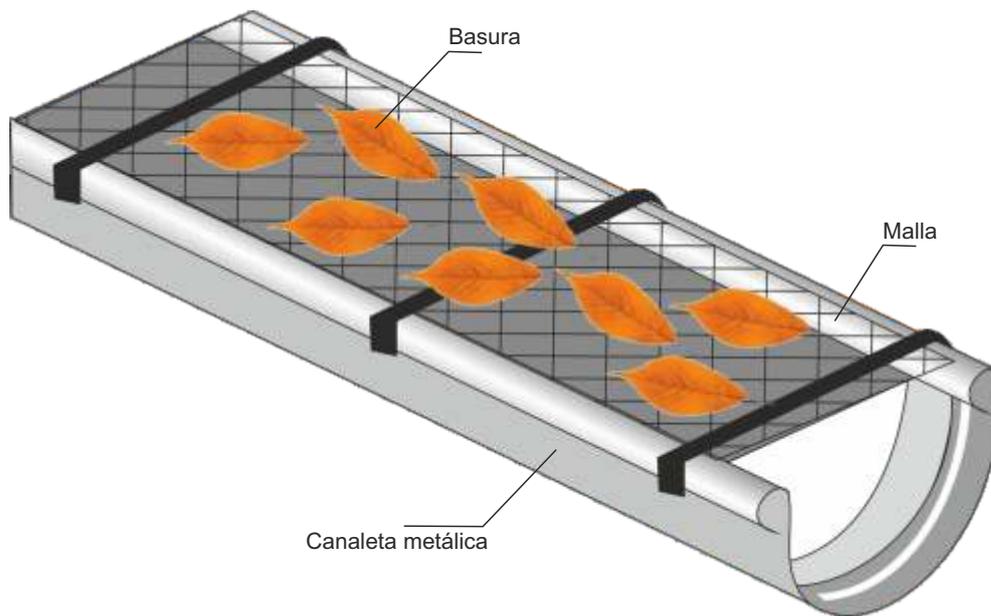
Se trata de la superficie donde se recolecta el agua. Por lo general, se utilizan los techos de las viviendas, los cuales deben de tener una pendiente mínima del 5% para asegurar el escurrimiento del agua de las precipitaciones hacia los sistemas de recolección. Estos techos pueden ser de materiales como las tejas de arcilla, madera, cemento, etc. Los más utilizados son los de teja de arcilla y cemento por su durabilidad y, sobre todo, por proveer agua de buena calidad. En cambio, techos con compuestos de asfalto, amoníaco o pintados pueden lixiviar materiales tóxicos en el agua que pueden ser dañinos para la salud.

### RECOLECCIÓN Y CONDUCCIÓN

El agua proveniente del techo es recolectada por canaletas adosadas a la parte baja del mismo, con la finalidad de conducirla hacia las bajantes que desembocan en el tanque de almacenamiento. El material de las canaletas debe ser liviano, resistente a la corrosión del agua y fácil de unir entre sí. Puede ser de PVC, metal, madera o bambú y se recomienda un ancho de la canaleta de entre 75 mm y 150 mm, así como una pendiente de 0.005 (5 cm por cada 10m de longitud). A continuación se detallan las características principales de estas canaletas, en función del material utilizado.

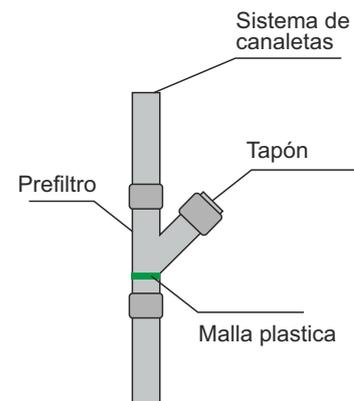
- **Metal:** Son las que tienen mayor durabilidad y facilidad de montaje, pero costo más elevado.
- **PVC:** Son durables, fáciles de obtener y su costo es relativamente bajo
- **Madera y Bambú:** Son baratas y fáciles de construir pero se deterioran rápidamente.

Además, se recomienda colocar mallas sobre las canaletas para evitar la entrada de materiales indeseados.

**Ilustración 25: Canaleta con malla****BAJANTES**

Son tuberías, generalmente de PVC de alta resistencia (clase 5 ó 10), de diámetro igual al de canaletas. Se ubica una bajante por cada 25 o 30 m<sup>2</sup> de techo, debiendo estar bien sujetas a la pared con ganchos que soporten el peso de la tubería con la carga máxima de agua. Estos ganchos deben colocarse cada 1.5 m.

Es recomendable instalar un sistema de prefiltrado en las bajantes, que consiste en ubicar una "Y" a manera de bifurcación de la tubería, con una pequeña malla plástica fijada con una abrazadera en el interior. Para limpiar el filtro, se procede a retirar el tapón para poder acceder a los elementos retenidos.

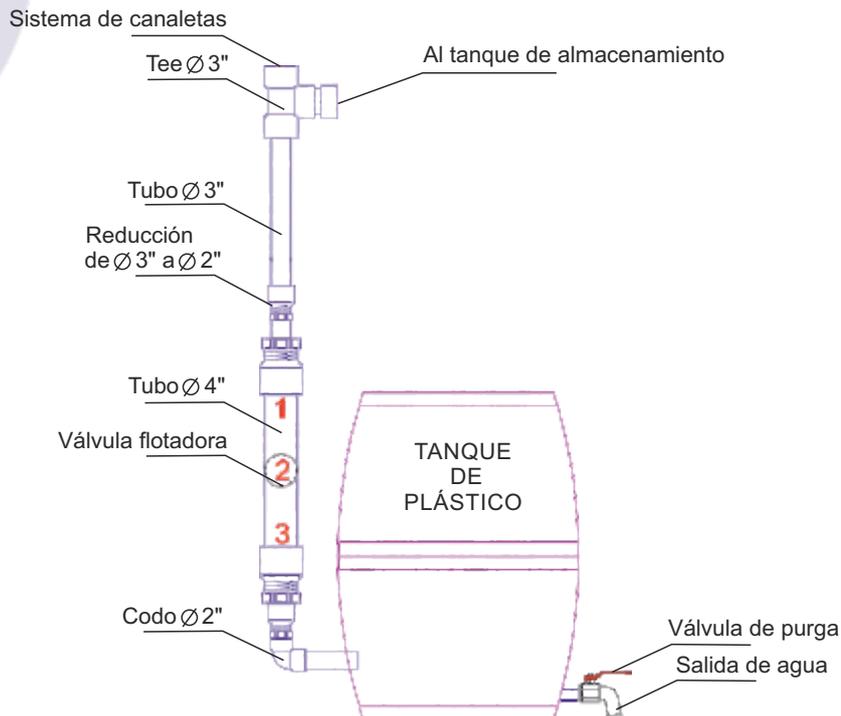
**Ilustración 26: Bajante****INTERCEPTOR O DISPOSITIVO DE DESCARGA DE LAS PRIMERAS AGUAS**

Es un dispositivo que se utiliza para evitar que el agua del lavado del techo proveniente de los primeros momentos de lluvia, ingrese al tanque de almacenamiento. Consta de un tanque de plástico cuyo volumen es calculado para almacenar 1 litro de agua por cada m<sup>2</sup> de área de techo, y cuenta con una válvula de purga para eliminar el agua sucia.

Cuenta con una válvula flotadora que se encuentra ubicada en el nivel más bajo cuando el tanque está vacío (posición 1), sin obstaculizar el paso de agua hacia el interceptor. A medida que el tanque se va llenado la válvula va subiendo (posición 2) y cuando el tanque está lleno (posición 3) la válvula impide el paso del agua hacia el interceptor, dirigiéndola hacia el tanque de almacenamiento.

Durante todo este proceso, la válvula de purga estará cerrada, de tal manera que el tanque se pueda llenar, de lo contrario, el agua seguiría corriendo y se perdería. Una vez lleno el tanque de almacenamiento, se abre la válvula de purga para eliminar el agua no deseada y dejar listo el sistema para la siguiente precipitación.

### Ilustración 27: Esquema de un interceptor o dispositivo de descarga de las primeras aguas



#### TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Esta estructura, generalmente de concreto, almacena el agua y la protege de la contaminación del medio. No debe tener más de dos metros de altura, debe de ser de un material impermeable para evitar fugas, debe contar con tapa sanitaria que permita el ingreso de personas para su desinfección, limpieza y reparación y, por último, la entrada y el desagüe deben contar con mallas que eviten el ingreso de insectos.

#### TRATAMIENTO DEL AGUA

Las partículas que no fueron retenidas por el inspector deben tener un tratamiento de filtración, como puede ser un filtro de bioarena o un filtro de mesa, y una desinfección bacteriológica con cloro. A continuación, se describe el proceso desinfección del agua más adecuado para este tipo de sistemas, el cual puede realizarse usando hipoclorito de sodio o de calcio.

##### Uso de hipoclorito de sodio (cloro líquido)

El primer paso para la desinfección con hipoclorito de sodio es tener agua libre de turbiedad. Una vez se dispone de agua clara, en un recipiente limpio, se procede a agregar el cloro líquido, agitando bien para que la mezcla sea uniforme y dejándolo reposar durante treinta minutos. La dosificación necesaria depende de la concentración de cloro y de la cantidad de agua a desinfectar. Así, en caso de usarse cloro en una concentración del 0.5%, deben emplearse 4 gotas por cada litro de agua. En caso de usar cloro en otro nivel de concentración, deberá modificarse la cantidad de forma proporcional al caso descrito.

##### Uso de hipoclorito de calcio (cloro granulado)

Igual que en el caso anterior, el agua debe estar libre de turbiedad. Obtenida el agua clara, se procede a vaciar en un recipiente limpio el 10% del volumen de agua que se quiere desinfectar. A este volumen de agua, se le agregan 15 gramos de de hipoclorito de calcio al 1% por cada litro de agua a desinfectar. Se debe agitar hasta que la mezcla esté uniforme y se deja reposar hasta que las particular que no se han podido disolver queden asentadas en el fondo del recipiente. Posteriormente, se procede a vaciar esta solución en el volumen de agua total a desinfectar, teniendo cuidado de no verter los sedimentos y se agita de nuevo la mezcla para que el cloro se disuelva bien en toda el agua que se desea desinfectar. Finalmente, se deja reposar durante 30 minutos para que el cloro elimine las bacterias presentes en el agua.

## 3.2 Sistemas de Saneamiento Básico

En esta sección se presentan algunas de las alternativas más adecuadas al ámbito rural andino para dotar de servicios de saneamiento básico a la población. Según la Organización Mundial de la Salud, el Saneamiento Básico *“es la tecnología de más bajo costo que permite eliminar higiénicamente las excretas y aguas residuales y tener un medio ambiente limpio y sano tanto en la vivienda como en las proximidades de los usuarios. El acceso al saneamiento básico comprende seguridad y privacidad en el uso de estos servicios”*. No obstante, con la intención de dotar a este concepto de un carácter más integral, se ha considerado dentro del saneamiento básico también a aquellas tecnologías que permiten mejorar la higiene personal. Así, en esta sección se describen los sistemas solares térmicos para agua caliente, distintos tipos de baños y letrinas, así como biofiltros domiciliarios.

### 3.2.1 Sistemas solares térmicos

Las instalaciones basadas en el aprovechamiento de la energía solar térmica consisten en la captación de la radiación del sol para su aprovechamiento en distintas aplicaciones. Las aplicaciones más comunes de la energía solar térmica son la de calentar agua caliente para usos sanitarios, respaldar a los sistemas de calefacción, y la de apoyar procesos productivos en los que se requiera unas necesidades térmicas. En este tipo de sistemas, el aprovechamiento energético se realiza mediante colectores solares, los cuales captan la radiación solar, utilizándola para calentar un determinado fluido (normalmente agua). En las zonas rurales, los sistemas solares térmicos se utilizan principalmente para producir agua caliente sanitaria (ACS), con el fin de mejorar la situación de los servicios básicos y la calidad de vida de la población, proporcionando mayor comodidad e higiene.

#### INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS DE PEQUEÑO TAMAÑO

Para instalaciones solares térmicas domiciliarias, normalmente se utilizan colectores de baja temperatura. En estos casos, la captación de energía solar se realiza de forma directa, elevando la temperatura del fluido sin llegar al punto de ebullición. En este caso, hablamos de una cantidad de agua relativamente pequeña, no siendo necesarios grandes colectores para calentarla. Además, para una instalación de pequeño tamaño, un factor importante es que la instalación sea lo más barata posible, para que el factor económico no sea un limitante para la población de ámbitos rurales. Por esta razón, en este capítulo nos centraremos únicamente en sistemas sencillos, adecuados a la realidad rural andina.



#### INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA TÍPICA PARA AGUA CALIENTE SANITARIA

Una instalación de baja temperatura consiste en un subsistema de captación, un subsistema de acumulación y un subsistema de distribución.

- **El sistema de captación** consiste en uno o varios colectores solares conectados en serie y/o paralelo que captan la radiación solar y la transfieren al fluido.
- **El sistema de acumulación** consiste en un depósito de almacenamiento de agua caliente que regula su disponibilidad en función de la demanda.
- **El sistema de distribución** traslada a los puntos de consumo el agua caliente producida.

Fotografía 24: Instalación solar térmica



## SISTEMA DE CAPTACIÓN

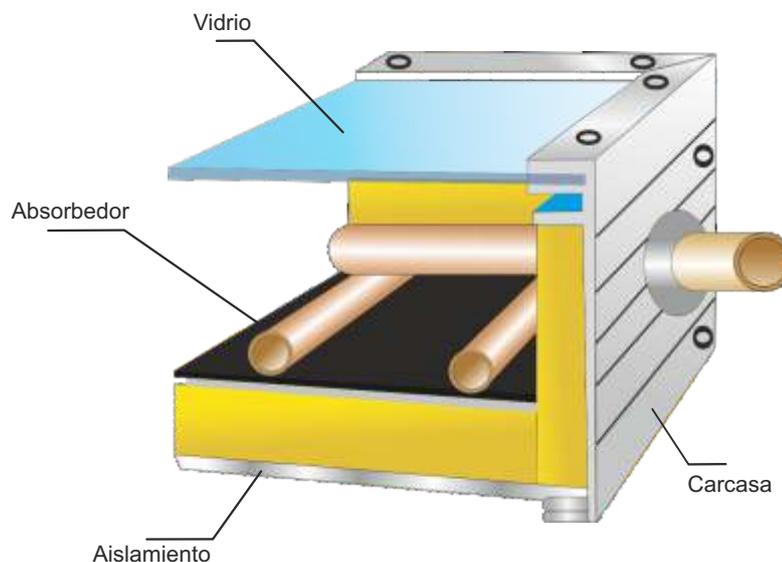
El sistema de captación puede estar formado, en general, por colectores de placa plana o por colectores de tubos de vacío.

- **COLECTORES DE PLACA PLANA**

Actualmente, los colectores de placa plana son los más extendidos comercialmente. La temperatura de trabajo oscila entre 50°C y los 70°C, por eso son adecuados para producir agua caliente sanitaria.

El principio de funcionamiento del colector se basa en el efecto invernadero, reteniendo la mayor parte del calor incidente en el interior del colector. La placa capta la radiación, gracias a la cual la temperatura interior aumenta, por lo que comienza la transferencia de calor hacia el serpentín que está soldado al absorbedor. El fluido que circula por el interior del serpentín aumenta su temperatura progresivamente hasta alcanzar la temperatura de trabajo del colector.

Ilustración 28: Sección de un colector de una placa plana



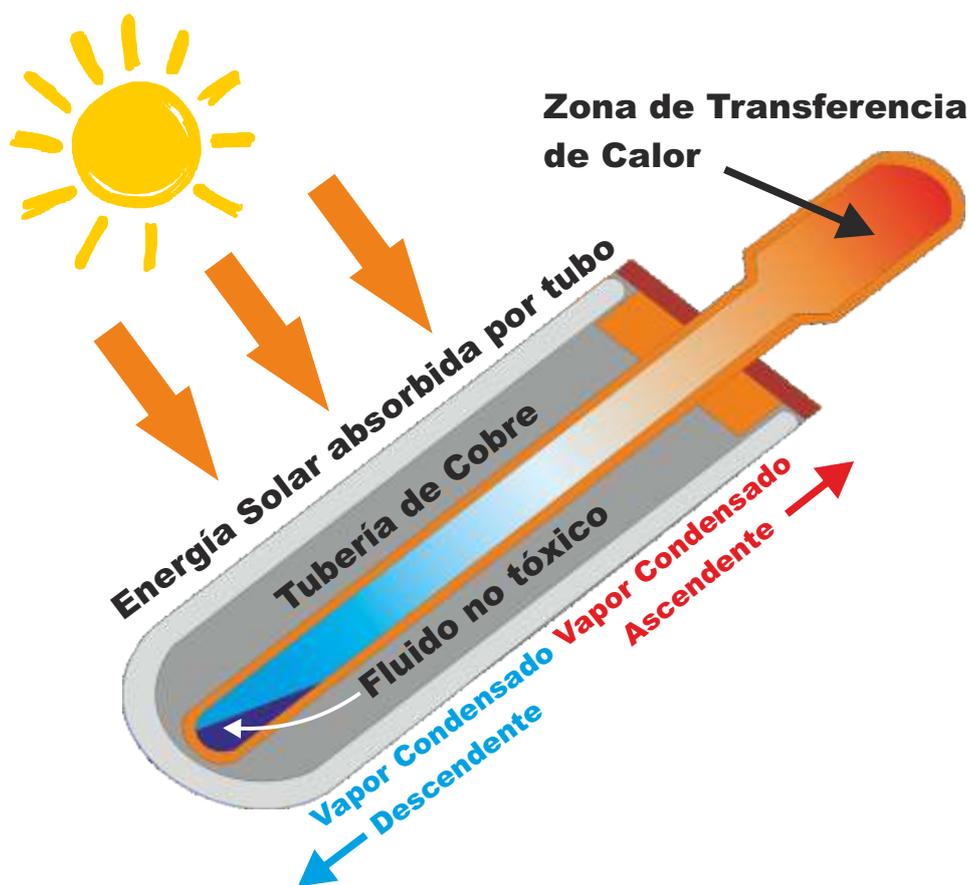
- **TUBOS DE VACÍO**

Los colectores de tubos de vacío tienen un mayor rendimiento y llegan a mayores temperaturas que los colectores de placa plana, proporcionando temperaturas de trabajo de hasta 100°C.

Los colectores de este tipo están formados por varios tubos de vidrio en cuyo interior se ha hecho el vacío, reduciendo de este modo las pérdidas térmicas por conducción. Para la absorción de la radiación solar, en el interior de cada tubo, hay una tubería de cobre soldada a una placa rectangular, la cual cede calor al fluido que circula por la tubería. El funcionamiento de este tipo de colectores se basa, como en los colectores de placa plana, en el efecto invernadero que se produce cuando la radiación solar atraviesa un vidrio. La diferencia entre los colectores de placa plana y los tubos de vacío está en que, en estos últimos, no se requiere de un material aislante. El propio vacío de los tubos elimina totalmente las pérdidas térmicas hacia el exterior del vidrio. Por esta razón, el rendimiento de los tubos de vacío siempre es superior al de los colectores de placa plana, especialmente en condiciones de baja radiación solar, por ejemplo en días nublados.

Los principales inconvenientes que tienen estos colectores frente a los de placa plana son su elevado precio, sus elevadas temperaturas en estancamiento y la mayor fragilidad.

**Ilustración 29: Esquema de un colector de tubos vacíos**



### SISTEMA DE ACUMULACIÓN

La función del depósito acumulador es almacenar el agua caliente generada en los colectores para posibilitar su uso posterior. Los materiales más comúnmente utilizados en su construcción son el acero inoxidable, la fibra de vidrio reforzada y el acero con protección interior contra la corrosión (ánodo anticorrosión, pintura especial o galvanizado). Es muy importante que el acumulador esté debidamente aislado para minimizar las pérdidas de calor a través de sus paredes.

## SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

- **RED DE TUBERÍAS**

Las tuberías son las encargadas de conducir el fluido desde el acumulador hasta los puntos de consumo. Los materiales más frecuentemente utilizados para las tuberías son el cobre, por sus buenas calidades técnicas y bajo coste, y los materiales plásticos, siempre que puedan soportar las temperaturas de hasta 120°C. Para las tuberías que están conectadas directamente al captador solar, se desaconseja usar materiales plásticos debido a las altas temperaturas que se pueden alcanzar en situaciones de estancamiento, por ejemplo, cuando no hay demanda de ACS en plena radiación solar o en periodos de inactividad.

- **FLUIDO CALOPORTADOR**

El fluido caloportador es el responsable de la transferencia de la energía calorífica absorbida a otras partes del sistema (intercambiador de calor o depósito acumulador). Los riesgos de congelación y de ebullición son los principales problemas a considerar en la elección en un determinado tipo de fluido. Los tipos de fluidos caloportadores más utilizados son los siguientes:

- ★ **Agua:** es el único tipo de fluido que se puede utilizar en circuito abierto.
- ★ **Agua con adición de anticongelante (20-30%):** El fluido resultante protege al circuito primario contra la congelación, si bien presenta algunos inconvenientes con respecto al agua natural, como son la toxicidad, el aumento de viscosidad y de coeficiente de dilatación, la disminución del calor específico y el mayor riesgo de corrosión.
- ★ **Fluidos orgánicos:** engloban tanto a líquidos orgánicos sintéticos como a ciertos derivados del petróleo. Son químicamente estables a altas temperaturas y protegen el circuito primario de la congelación, aunque presentan una alta toxicidad y viscosidad, además de ser inflamables
- ★ **Aceites de silicona:** se caracterizan por su gran calidad y estabilidad y por su no ser tóxicos, ni inflamables. El único inconveniente para su utilización generalizada es su elevado coste.

- **BOMBAS DE IMPULSIÓN**

El movimiento del fluido dentro del serpentín puede estar provocado por el llamado efecto termosifón, o bien debido a la acción de una bomba circuladora. En este último caso, para el correcto funcionamiento de la instalación, la bomba tiene que proporcionar un caudal y presión adecuados para vencer las pérdidas de carga existentes durante la impulsión del fluido.

- **SISTEMA DE REGULACIÓN**

En sistemas de mayor complejidad que disponen de bomba circuladora, el sistema de regulación está compuesto por termostatos, reguladores proporcionales, sensores de temperatura y elementos actuadores (relés y contactores).

Aunque existe una gran diversidad de sistemas de regulación para una instalación solar, en función de su aplicación, el sistema más usual es por medio de termostato diferencial. En este método, el regulador compara la temperatura del acumulador con la del colector y, en caso de que esta última sobrepase en más de un cierto nivel (5-6°C), la del acumulador pone en marcha la bomba del primario, mientras que cuando la temperatura baja por debajo de ese nivel, apaga dicha bomba.

- **DEPÓSITO DE EXPANSIÓN**

El aumento de temperatura produce dilataciones del fluido caloportador. Por esta razón, es necesario contar con un depósito de expansión que permita este aumento de volumen sin someter a grandes esfuerzos mecánicos a los elementos de la instalación. El depósito de expansión puede ser de tipo abierto o cerrado, dependiendo de si tiene contacto con la atmósfera o no.

- **VÁLVULA DE SEGURIDAD**

Los circuitos hidráulicos sometidos a variaciones de presión y temperatura deben disponer de una válvula de seguridad. Este elemento limita la presión máxima a la que puede llegar un circuito cerrado, dejando escapar parte del fluido por su orificio. El tarado de la válvula de seguridad, es decir, la presión a la que actúa, debe ser inferior a la presión máxima de todos los elementos hidráulicos del circuito (captador, acumulador, bombas, etc.). El orificio de descarga debe de estar conducido de manera segura para evitar que pueda descargar sobre personas.



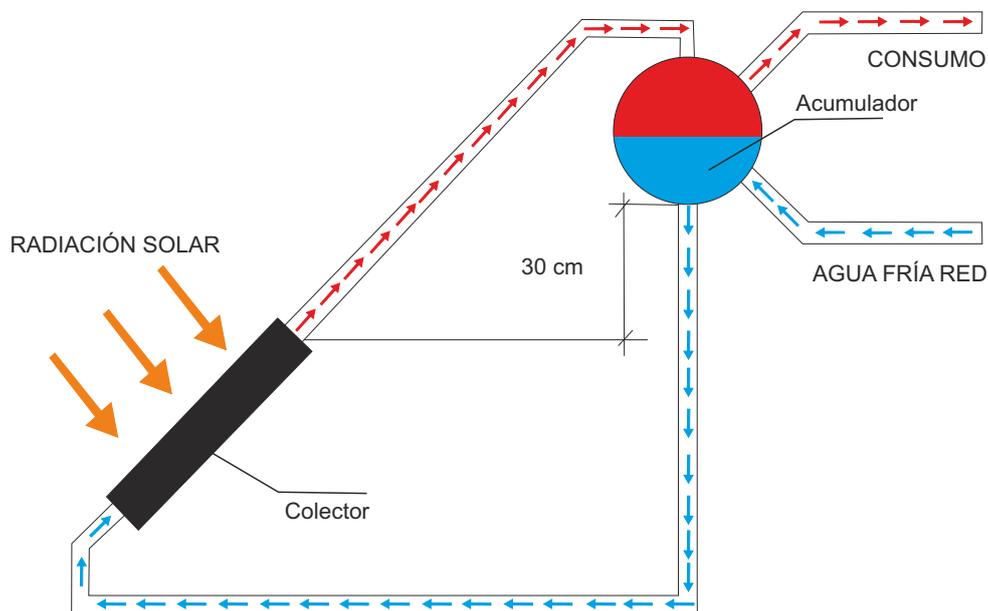
## OPCIONES TÉCNICAS

Las instalaciones solares térmicas se pueden clasificar según el tipo de circuito de circulación. El movimiento en el interior del sistema puede estar provocado bien por el efecto termosifón, donde el agua se mueve debido a las diferencias de densidad provocadas por la temperatura, es decir, el agua caliente es menos densa y tiende a subir, generando la circulación del fluido. Y el otro tipo de circulación se realiza por la acción de una bomba hidráulica, gracias a la cual se aumentará la presión del fluido con un aporte externo de energía mecánica.

### Circuito de circulación natural/Termosifón

El fluido del circuito primario, calentado por el sol, disminuye su densidad y asciende, lo que origina un movimiento natural del fluido entre el depósito y el colector, sin necesidad de una bomba de impulsión. Los sistemas de circulación natural se suelen basar en este mecanismo, por lo que el depósito de acumulación debe emplazarse por encima del colector y a poca distancia de éste.

**Ilustración 30: Circulación natural/Termosifón**

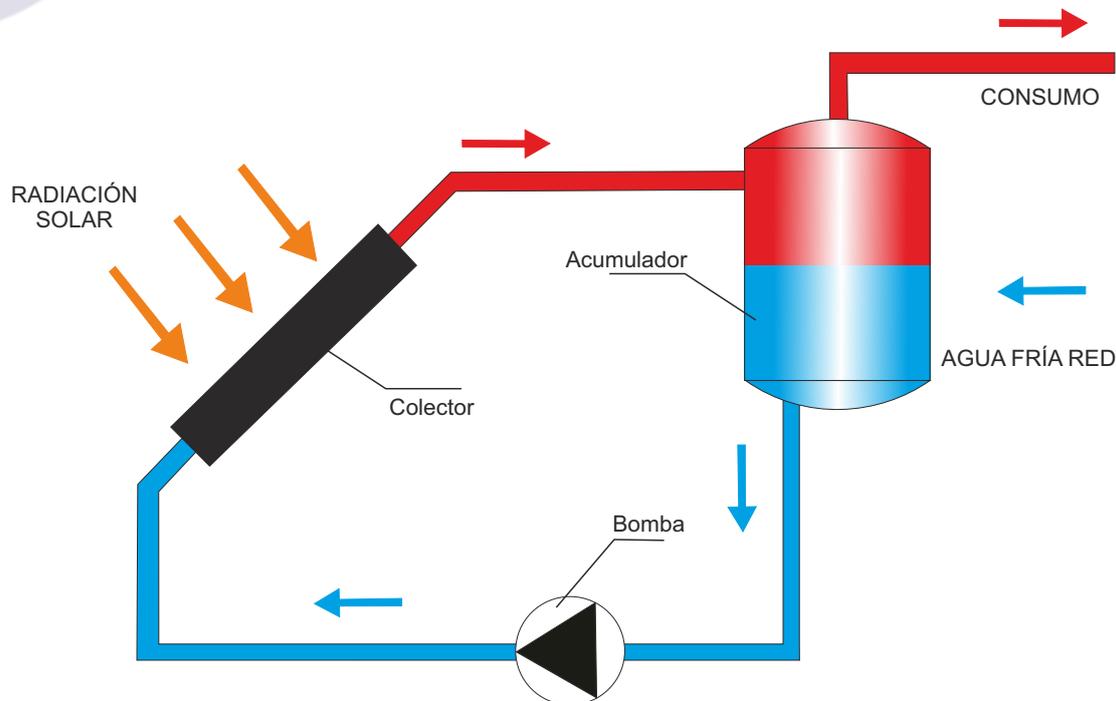


Estos sistemas presentan la ventaja de su sencillez, bajo coste y bajos requerimientos de mantenimiento, mientras que presentan el inconveniente de que el depósito debe estar colocado a cierta distancia por encima del colector y tiene menor eficiencia y capacidad de absorción de la radiación, lo que se traduce a un rendimiento menor. En la zona rural este tipo de instalaciones son las más extendidas.

### Circuito de circulación forzada

En las instalaciones con circulación forzada, se necesita de una bomba circuladora que impulsa el agua desde el colector hasta el acumulador y viceversa, para ir calentando el fluido.

**Ilustración 31: Circulación forzada con un circuito cerrado**



En este caso, se consigue una mayor eficiencia y capacidad de absorción de la radiación, y el depósito puede estar colocado a una altura más accesible que simplifique su mantenimiento. Por otra parte, estos sistemas son más complejos y requieren personal especializado para su instalación, elevando los costes iniciales del sistema. Además, se requiere de energía eléctrica para el funcionamiento de la bomba, lo cual puede suponer una dificultad en zonas rurales aisladas, donde los índices de electrificación son muy bajos. En segundo lugar, las instalaciones solares térmicas se pueden clasificar según sean de circuito abierto o de circuito cerrado, dependiendo del sistema de transferencia térmica utilizado:

### Instalación de circuito abierto

Una instalación con circuito abierto tiene solo un circuito, el circuito primario (ver figura anterior). Bien sea por efecto termosifón, bien con ayuda de la bomba, el agua de consumo circula a través del colector, donde se eleva su temperatura y, después, sube al acumulador.

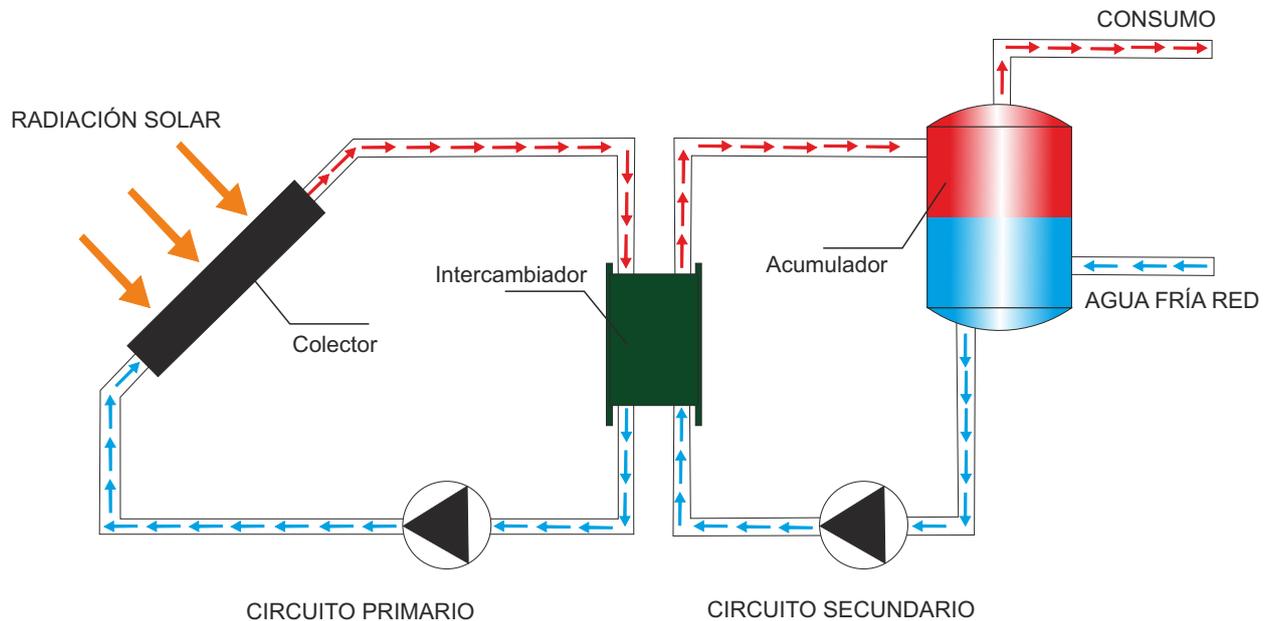
Este sistema implica que el agua consumida por el usuario, es la misma que circula por el colector. Por esta razón, en este tipo de instalación el agua que circula debe ser agua potable o, al menos, agua tratada. Por tanto, no es posible añadir anticongelante en un sistema con circuito abierto. Este sistema presenta el inconveniente que se producen muchas incrustaciones de los minerales que transporta el agua en el interior del captador, reduciendo así su vida útil.

### Instalación de circuito cerrado

En una instalación de circuito cerrado se separa el agua de consumo con el fluido que circula dentro del colector. Este tipo de instalaciones constan de dos circuitos diferenciados e incomunicados: el primario y el secundario. El circuito primario es el circuito que está conectado con el colector. Mediante un intercambiador de calor o serpentín, el calor ganado en el circuito primario es cedido al circuito secundario, formado por un depósito de acumulación y una bomba.

La separación de los dos circuitos es especialmente importante en regiones altas, donde las temperaturas bajan de 0°C. Cuando las temperaturas son tan bajas el agua se puede congelar y esto implica que las tuberías puedan romperse. Este tipo de sistemas tiene la ventaja de poder incluir líquido anticongelante en el circuito primario, ya que no tendrá ningún efecto adverso sobre el agua que finalmente será consumida por el usuario.

**Ilustración 32: Circuito cerrado con intercambiador**



## RECOMENDACIONES PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA

### ÁNGULOS DE INCLINACIÓN Y ORIENTACIÓN DEL COLECTOR

En cuanto a los ángulos de inclinación y orientación del colector, se deben tener en cuenta las mismas recomendaciones que en el caso de los paneles solares fotovoltaicos (Ver capítulo 2).

### IDENTIFICACIÓN DE LAS SOMBRAS

La identificación de las sombras es muy importante para el funcionamiento de la instalación, ya que éstas reducen el rendimiento del sistema. Para determinar las sombras proyectadas sobre nuestros colectores debido a obstáculos próximos, debe tomarse como punto de referencia la arista inferior del colector. Es muy importante que el día más desfavorable, en cuanto a operatividad, no exista más de un 5% del área total del colector sombreada. En el caso en que se instalen varias filas de colectores, hay que tener en cuenta una separación suficiente entre dichas filas para que no se hagan sombra entre sí.

### ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA INSTALACIÓN DE LOS COLECTORES

- **Tipo de Materiales:** Debido a las altas temperaturas que puede alcanzar el captador solar (más de 100 °C), sobretodo en periodos de no consumo, es muy importante que los materiales del circuito hidráulico sean los más adecuados para garantizar una alta durabilidad del sistema. Se desaconseja usar materiales plásticos en el circuito primario. Se recomienda usar cobre para este fin, sobre todo en las tuberías conectadas al captador solar. Los mismos criterios se aplican a todas las válvulas asociadas.
- **Sistemas auxiliares:** En algunas ocasiones, los acumuladores disponen de una resistencia eléctrica para apoyar al sistema solar en períodos de baja radiación solar o alto consumo de agua caliente. Se desaconseja este tipo de sistemas, con resistencia incorporada dentro del acumulador, ya que reducen el rendimiento del sistema solar, y pueden producir un aumento del consumo eléctrico a los usuarios.

- **Aislamiento:** Es muy importante que el acumulador este debidamente aislado para reducir las pérdidas térmicas. Sería recomendable aislar también las tuberías que conducen el agua caliente.



## RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA

El mantenimiento de un sistema solar térmico doméstico es muy simple, y no requiere de grandes acciones. La mayoría de tareas consisten en inspeccionar periódicamente las diferentes partes para detectar pequeñas anomalías. En la siguiente tabla se muestra las tareas a realizar y su periodicidad.

**Tabla 6: Cronograma para operación y mantenimiento**

ELEMENTO	MANTENIMIENTO A REALIZAR	FRECUENCIA
<b>Captador</b>	Inspección visual de la estanqueidad	Trimestral
	Limpieza del cristal en horas de poca radiación solar	Cuando este muy sucio
<b>Conexiones, juntas y tuberías</b>	Inspección visual de posibles fugas	Mensual
<b>Válvulas de corte</b>	Abrirlas y cerrarlas para evitar que se bloqueen.	Semestral
<b>Válvula de seguridad</b>	Comprobar el funcionamiento	Semestral
<b>Vaso expansión cerrado</b>	Comprobar la presión de llenado del aire.	Semestral
<b>Vaso expansión abierto</b>	Comprobar el nivel de fluido	Mensual
<b>Líquido anticongelante</b>	Comprobar el PH y el nivel de congelación	Semestral
<b>Acumulador</b>	Inspección visual de posibles fugas	Mensual
	Limpieza de lodos	Semestral
<b>Sistema de control</b>	Verificar el correcto funcionamiento	Anual

### 3.2.2 Letrina de hoyo seco ventilado

Las letrinas de hoyo seco son las más comunes en el ámbito rural andino debido a su bajo coste, facilidad de construcción y que no requieren el uso de agua para su operación.

En la letrina de hoyo seco las personas realizan sus necesidades fisiológicas, depositan sus excreciones fecales y urinarias, así como el material de limpieza utilizado para el aseo personal (papel de baño, hojas...), de manera que éstas no estén expuestas al contacto con insectos, roedores y animales domésticos.

La materia orgánica dispuesta en el hoyo, tanto en estado sólido como líquido, se descompone y se infiltra en el terreno, quedando únicamente la fracción de materia en mineralización. Este proceso ocurre en todo momento, mientras el hoyo esté en funcionamiento. Cuando éste llega a su máxima capacidad, se tapa con tierra de forma que en su interior ocurre una descomposición anaeróbica de los materiales, es decir, un proceso sin presencia de oxígeno. Esto nos dará la posibilidad, al cabo de un tiempo aproximado de dos años, de utilizar este material como abono para la mejora de suelos agrícolas.

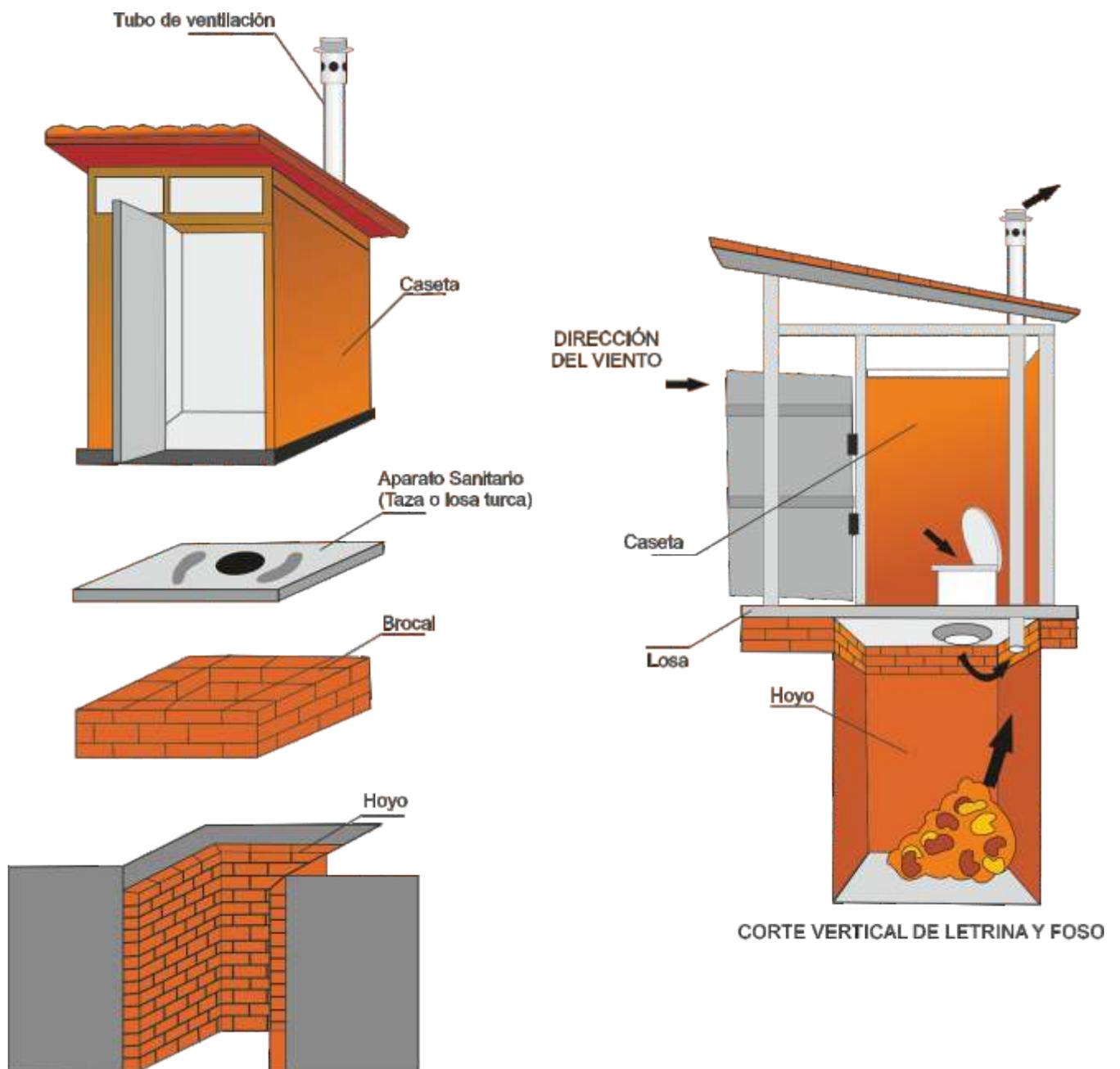
Sin embargo, este tipo de letrinas no elimina por completo el riesgo de contaminación, por lo que éstas nunca deberán estar ubicadas a menos de 20 metros de cualquier fuente de agua, ni a menos de 5 metros de la vivienda. En terrenos que presenten aguas subterráneas se recomienda que la base del hoyo se encuentre separada del nivel de agua por lo menos en 1,50 metros.



### INSTALACIÓN TÍPICA

Una letrina de hoyo seco ventilado es una instalación muy sencilla, que se compone de los siguientes elementos:

**Ilustración 33: Esquema de una letrina de hoyo seco ventilado**



### HOYO

Se trata de un hueco que sirve para el almacenamiento de las heces, orines y material de limpieza e higiene. Éste suele ser de sección cuadrada, rectangular o circular, de 0.8-1 m de lado o diámetro, mientras que la profundidad puede variar según el diseño, las condiciones del suelo o la presencia de aguas subterráneas. En terrenos inestables o fácilmente deleznable, las paredes verticales del hoyo deberán ser protegidas con otros materiales para evitar su desmoronamiento. El revestimiento puede ser de distintos materiales como piedras, ladrillo, bloques de concreto, ferro cemento o arcilla.

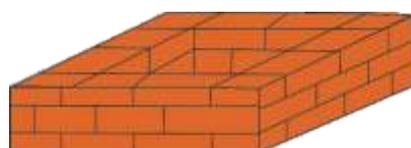
### BROCAL

Este elemento protege el hoyo de la letrina, se sitúa en la parte superior de éste y sirve para estabilizar la boca del hoyo, sostener la losa y para impedir el ingreso del agua de lluvia. Para su construcción pueden emplearse vigas de madera, concreto simple o reforzado, ladrillos o bloques de piedra o de concreto asentados con mortero de cemento-arena. Resulta importante que su construcción comience unos 20 cm bajo el nivel del suelo y termine estando elevado unos 10 cm sobre el mismo, para evitar que entre el agua de lluvia.

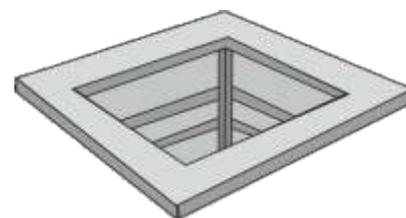
**Ilustración 34: Distintos tipos de brocales**



MADERA



LADRILLO



CONCRETO REFORZADO

### LOSA Y APARATO SANITARIO

La losa es la estructura de concreto armado, u otro material resistente, que se construye sobre el brocal y sirve para soportar el peso del usuario. Suele tener unas dimensiones de 1 a 1.5 m x 1 a 1.5 m, y dispone de un orificio en la parte central, por donde caerán las excretas, y otro en una esquina para alojar el tubo de ventilación. Es importante que este elemento tenga una ligera inclinación para facilitar la limpieza y que el agua depositada no forme charcos.

El aparato sanitario puede ser de tipo losa turca o tipo taza. En el primer caso, éste puede ser independiente o estar construido en la misma losa, colocando unas plantillas para los pies. En el segundo caso, se trata de instalar un dispositivo diseñado para que brinde comodidad a la persona al momento de defecar. En ambos casos, es importante contar con una tapa que selle bien el hoyo para evitar la entrada y salida de insectos.

### CASETA

Es el ambiente que da privacidad al usuario y lo resguarda de la lluvia y el viento. Puede ser construido con materiales de la zona y debe tener una altura en su parte frontal de unos 2 metros, y en su parte posterior de 1.80 metros, con una inclinación tal que el agua de lluvia pueda evacuarse fácilmente. Además, debe disponer de una abertura en la parte superior de las paredes para mejorar la ventilación e iluminación en su interior, que puede ser protegida con una malla para evitar el ingreso de insectos. Para su correcta orientación, debe tenerse en cuenta que la dirección predominante del viento impacte sobre la parte frontal. Finalmente, la caseta deberá trasladarse cuando el hoyo se llene, debiéndose tener en cuenta este hecho a la hora de decir cómo va a ser construida.

**Ilustración 35: Letrina con zona de ventilación y malla protectora****Fotografía 25: Cabeza de tubería de ventilación****TUBO DE VENTILACIÓN**

Es un conducto, generalmente de PVC, que se coloca para evitar malos olores provenientes de la descomposición de la materia orgánica depositada en el hoyo. Suele tener un diámetro de 6 pulgadas y debe sobresalir unos 50 cm por encima del techo. En la parte superior debe tener una terminación tal que impida el ingreso del agua de lluvia y de insectos al interior del hoyo.

**OPCIONES TÉCNICAS**

Las letrinas de hoyo seco, pueden construirse con un solo hoyo o con dos. Cuando, por las características del suelo o por la presencia de agua subterránea, no es posible hacer un hoyo grande, existe la posibilidad de construir dos más pequeños. Estos dos hoyos pueden disponerse de forma que los respectivos orificios de entrada queden dentro de la caseta o no. En el primer caso, uno de los orificios permanecerá sellado mientras se llena el primer hoyo. Una vez llegado al límite de su capacidad, se tapa y se empieza a utilizar el segundo hoyo. En el segundo caso, la caseta deberá ser trasladada al segundo hoyo cuando se llene el primero.

Las letrinas con dos hoyos tienen la ventaja de ser fácilmente instalables en terrenos difíciles y, en el caso que ambos orificios estén dentro de la caseta, de ser instalaciones permanentes. Sin embargo, resultan ser instalaciones más costosas y requieren un mayor compromiso por parte de los usuarios para su correcto mantenimiento. En cambio, las letrinas de un solo hoyo tienen la ventaja de ser más sencilla su construcción en la mayoría de terrenos, aunque tiene como inconveniente, la necesidad de reubicación cuando el hoyo llega al límite de su capacidad.



## RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

A continuación, se describen las tareas de Operación y Mantenimiento que deberán ser realizadas por los usuarios periódicamente, para que la letrina funcione correctamente:

- Limpiar la losa regularmente con agua y desinfectante para que la letrina se encuentre limpia y no cause malestar entre los usuarios.
- La puerta de la caseta, así como la tapa de la taza o losa turca, deben mantenerse constantemente cerradas para impedir el ingreso de insectos
- Si se notara la presencia de mosquitos o larvas, verter dentro del hoyo un vaso de kerosene, cuyas propiedades repelentes resolverán el problema
- Es importante que el usuario, después de la utilización de la letrina, arroje el material de limpieza corporal dentro del hoyo y no utilice papeleras que puedan atraer a las moscas.
- Es muy importante no arrojar al interior del hoyo material no biodegradable, ni líquidos o polvos que afecten a la descomposición de las excretas.
- Revisar el material de construcción, losa, caseta etc. regularmente, por si aparecen grietas o defectos y limpiar la malla protectora del tubo de ventilación. En el caso que encontremos desperfectos, éstos deberían arreglarse lo más rápidamente posible y, si la situación lo permite, es recomendable utilizar los mismos materiales que se utilizaron en la construcción.
- Cuando el contenido del hoyo cubra  $\frac{3}{4}$  partes del mismo, debemos arrojar cal y tierra, de forma que en el interior de éste se produzca una degradación anaeróbica que facilitará su descomposición. Para la utilización del contenido del hoyo deberemos esperar aproximadamente 2 años y éste nos servirá para mejorar los suelos destinados para la agricultura.

### 3.2.3 Baño ecológico seco

El baño ecológico seco (BES) está orientado principalmente a la población que carece de adecuadas condiciones de abastecimiento de agua y disposición de excretas, ubicadas en zonas donde la napa freática se encuentra cercana a la superficie o en zonas con riesgos de inundación.

Este tipo de instalaciones se presentan como una alternativa de tratamiento que consta de una doble cámara impermeable y un eco-inodoro que separa las heces de la orina, evitando el exceso de agua en el compostaje y el encharcamiento, lo cual produciría malos olores asociados a los procesos de fermentación (descomposición de la materia orgánica sin aire o putrefacción). Tanto las heces como la orina, contienen nutrientes como el nitrato, fosfato y potasio, que pueden ser aprovechados como abono para la agricultura.

La orina, si bien su uso como fertilizante no es habitual en el ámbito rural andino, es la que contiene mayor cantidad de estos nutrientes, por lo que puede aprovecharse almacenándola durante unas dos semanas en un recipiente tapado, para eliminar los microbios. Una vez transcurrido este periodo, mezclando una parte de ésta con tres partes de agua, dispondremos de un fertilizante apto para todo tipo de plantas que requieran un aporte de nutrientes: hortalizas, hierbas, pasto, ornatos o árboles (ornamentales, frutales y forestales).

Por otra parte, las heces después de 1 año en la cámara tienen un aspecto similar a la tierra y las podemos incorporar a los otros residuos que usamos en el compostaje, o usarlas como pre-abono en los árboles.

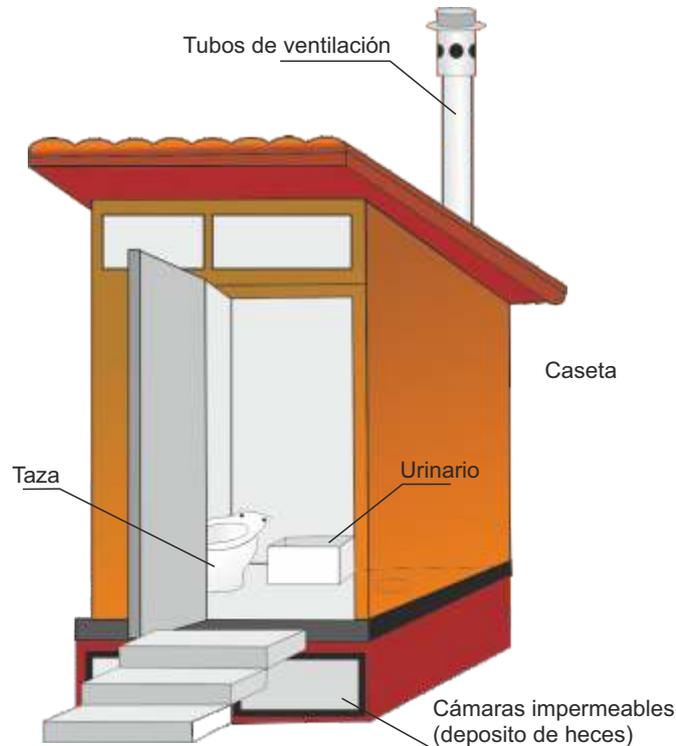
De esta manera se aprovechan los ciclos biológicos naturales para transformar una materia orgánica en un producto no contaminante y listo para nutrir el suelo de forma orgánica.



## INSTALACIÓN TÍPICA

A continuación se describen los principales componentes que conforman un baño ecológico seco:

### Ilustración 36: Baño ecológico seco



### RECIPIENTE PARA LA ORINA

Se trata de un recipiente hermético, generalmente de plástico, con una capacidad mínima de 20 l, donde se almacena la orina. Está conectado al eco-inodoro y al urinario, en caso que se disponga de éste, para impedir que la orina ingrese en la cámara. Cuando el recipiente esté lleno, deberá verterse la orina en otro recipiente cerrado para posteriormente mezclarla con agua y ser aprovechada como fertilizante.

### CÁMARAS DE SECADO

Los BES disponen de dos cámaras donde se depositarán las excretas. De esta manera, al igual que ocurría con las letrinas de dos hoyos, cuando en una cámara se llega al límite de capacidad, ésta se tapa, se traslada el eco-inodoro, y se empieza a usar la segunda.

Estas cámaras deben construirse asegurando que sean impermeables, es decir, evitando que el agua de cualquier origen pueda penetrar en su interior. Para ello, puede emplearse mampostería de piedra, ladrillos, bloques de concreto o madera. Además, en la base se ubica una losa de concreto para evitar el contacto con el terreno. Las cámaras disponen de unas compuertas que suelen ser fabricadas como las losas de concreto, a través de las cuales se retira el contenido cuando ha transcurrido un año y se ha producido el proceso de digestión aeróbica de las heces. Para aprovechar mejor la radiación solar y aumentar la temperatura en el interior, lo cual mejora el proceso de digestión, éstas pueden estar pintadas de negro.

**Fotografía 26: Cámaras en la comunidad andina de Pucará**



### LOSA SUPERIOR O PISO DEL BAÑO

Las cámaras están cubiertas por una losa de hormigón armado (plataforma o piso del baño) que tiene varios orificios: uno sobre cada cámara para colocar el eco-inodoro respectivamente, con un tapón (de madera o de cemento) que sella la cámara sin uso, y uno o dos orificios para instalar la tubería de ventilación, en función de si ésta se instala en el centro o en cada esquina, respectivamente. La losa debe ser pulida para facilitar su limpieza, así como tener una ligera pendiente para evitar la formación de charcos.

### ECO-INODORO

Se trata de una taza con un aspecto similar a cualquier taza de baño común, pero tiene la peculiaridad de estar diseñada para separar la orina de las heces. A través del orificio trasero caen las heces directamente a la cámara, mientras que en la parte frontal es recogida la orina, que luego es transportada al exterior a través de una manguera o una tubería plástica.

Fotografía 27: Dos tipos de eco-inodoros



### URINARIO

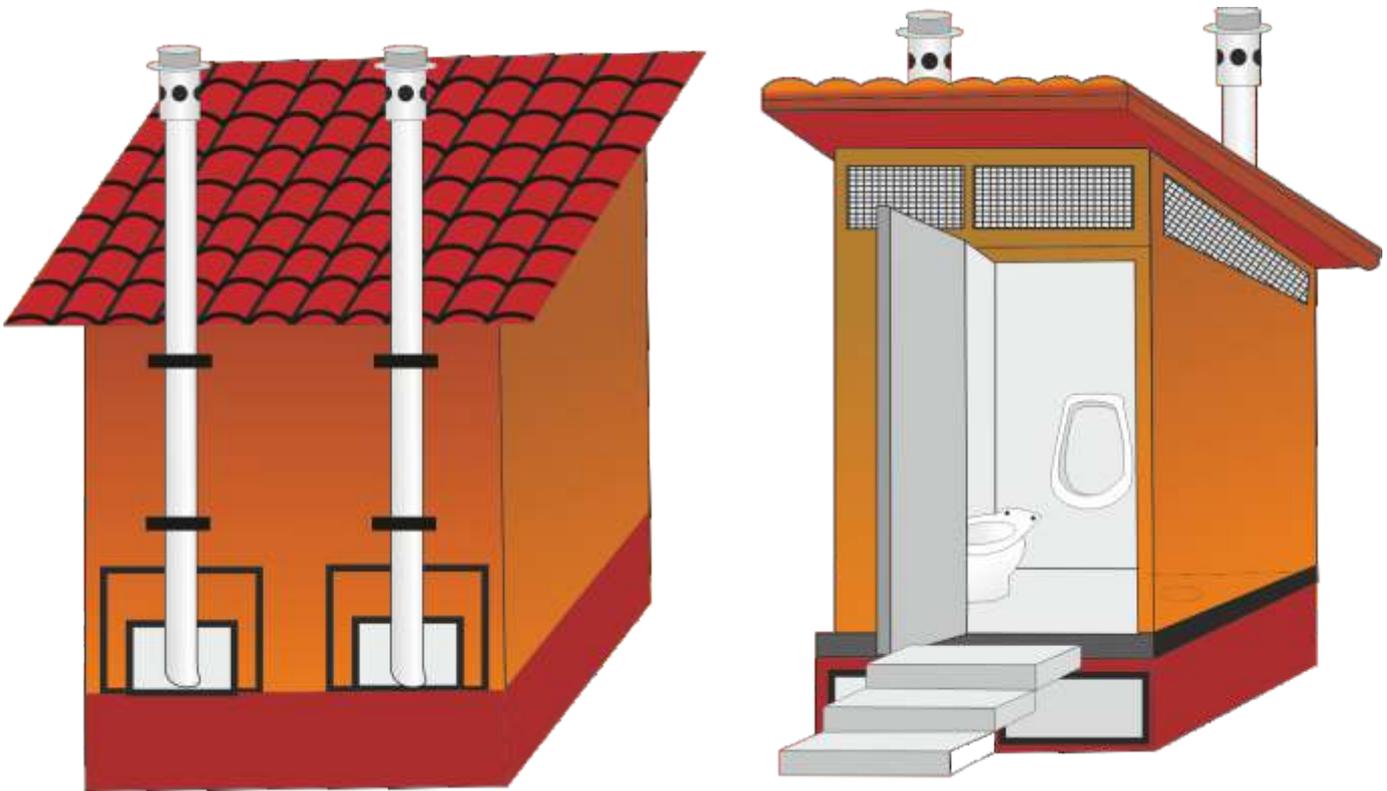
En muchas ocasiones puede ser útil colocar en el baño un urinario. Éste debe estar conectado a la tubería de evacuación de la orina del eco-inodoro, que conduce el líquido al recipiente final.



**CASETA**

La caseta del baño ecológico seco tiene las mismas funciones que la del baño de hoyo seco y unas características similares. Cabe destacar que, en este caso, el piso del baño debe estar elevado, por lo que será necesario construir unas gradas a la entrada.

**Ilustración 37: Caseta de letrina ecológica seca.**

**TUBO DE VENTILACIÓN**

La tubería de ventilación es similar al caso anterior, debiendo tener un diámetro de al menos 4" y sobrepasar el techo del BES unos 30 cm, aproximadamente. Para que los olores y la ventilación sean efectivos, la presión en la salida debe ser inferior a la presión de aire en la entrada (succión), lo cual se asegura principalmente gracias al viento alrededor de la salida de la chimenea, y/o la temperatura del aire en el interior de la cámara debe ser mayor a la temperatura del aire en el exterior (tiraje), lo cual se suele dar debido al calentamiento de la materia orgánica en el proceso de digestión aeróbica.

**ACCESORIOS DE USO DENTRO DEL BES**

En el interior del BES debemos contar con un recipiente para la mezcla que debe ser vertida en la cámara tras su uso, así como una botella con agua para verterla en el orificio correspondiente después de orinar.

**OPCIONES TÉCNICAS**

Para la construcción del BES existen muchas alternativas técnicas en cuanto al tipo de eco-inodoro, a los materiales de construcción de la caseta, e incluso a los accesorios que puede incorporar. Sin embargo, en este punto nos centraremos en dos alternativas concretas por su interés conceptual.

En primer lugar, en caso que no se utilice la orina como fertilizante, ésta puede ser vertida en una fosa de infiltración a través de una tubería enterrada. Se trata de una pequeña excavación de 1 m<sup>3</sup>, la cual se rellena con una capa inferior de piedras grandes y una superior de piedras pequeñas, se tapa con madera o plástico y posteriormente se oculta con tierra. De esta manera, el impacto sobre el medio ambiente es insignificante.

En segundo lugar, puede aprovecharse la construcción del BES para instalar una ducha contigua a la caseta. Ésta puede estar construida de tal forma que pueda albergar un sistema solar térmico que abastezca a los usuarios de agua caliente<sup>8</sup>. De esta manera, se dispondrá de todos los servicios de higiene familiar en una única localización, se abaratan costes respecto a la construcción de ambos sistemas por separado, y se dota de mayor comodidad en el uso a la familia.

**Fotografía 29: BES con ducha en la comunidad andina de Pucará**



### RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

A continuación, se detallan las principales tareas de operación y mantenimiento que deben llevarse a cabo periódicamente para asegurar el correcto funcionamiento del sistema a largo plazo.

- Al inicio del uso de cada cámara, debe colocarse una capa de tierra seca, ceniza y/o cal para evitar que las heces se adhieran a la losa inferior y se facilite la extracción del material, una vez se haya producido la digestión aeróbica.
- Después de cada uso, debe adicionarse ceniza o cal en la cámara para evitar malos olores y facilitar el proceso de digestión.
- No echar el material de limpieza al interior de la cámara, ya que éste no se descompondrá en el mismo plazo que la materia orgánica. Se recomienda disponer de un balde donde disponer el material utilizado y limpiarlo frecuentemente para evitar la presencia de insectos.
- En caso de verter la orina a una fosa filtrante, adicionar un poco de agua en el conducto de la orina tras cada uso
- Mantener la puerta de la caseta y la tapa del eco-inodoro bien cerrados para evitar la proliferación de insectos
- Mantener limpio el piso, el eco-inodoro y el urinario, con cuidado que no caiga líquido desinfectante en el interior de la cámara
- Nivelar las excretas con un palo largo, que solo se utilice para esta finalidad, periódicamente
- Para evitar la entrada y salida de mosquitos es importante tener la caseta bien cerrada y la taza y los huecos bien cerrados.
- Cuando falten unos 20 cm para llenar la primera cámara, debe echarse tierra seca, ceniza y/o cal hasta llegar al límite de la capacidad. Una vez hecho esto se traslada el eco-inodoro al segundo orificio de la losa y se tapa el orificio de la primera cámara. Una vez se haya llenado la segunda cámara, se debe abrir la compuerta de la primera y retirar las excretas para ser utilizadas como abono.

<sup>8</sup>Ver capítulo Sistemas Solares Térmicos

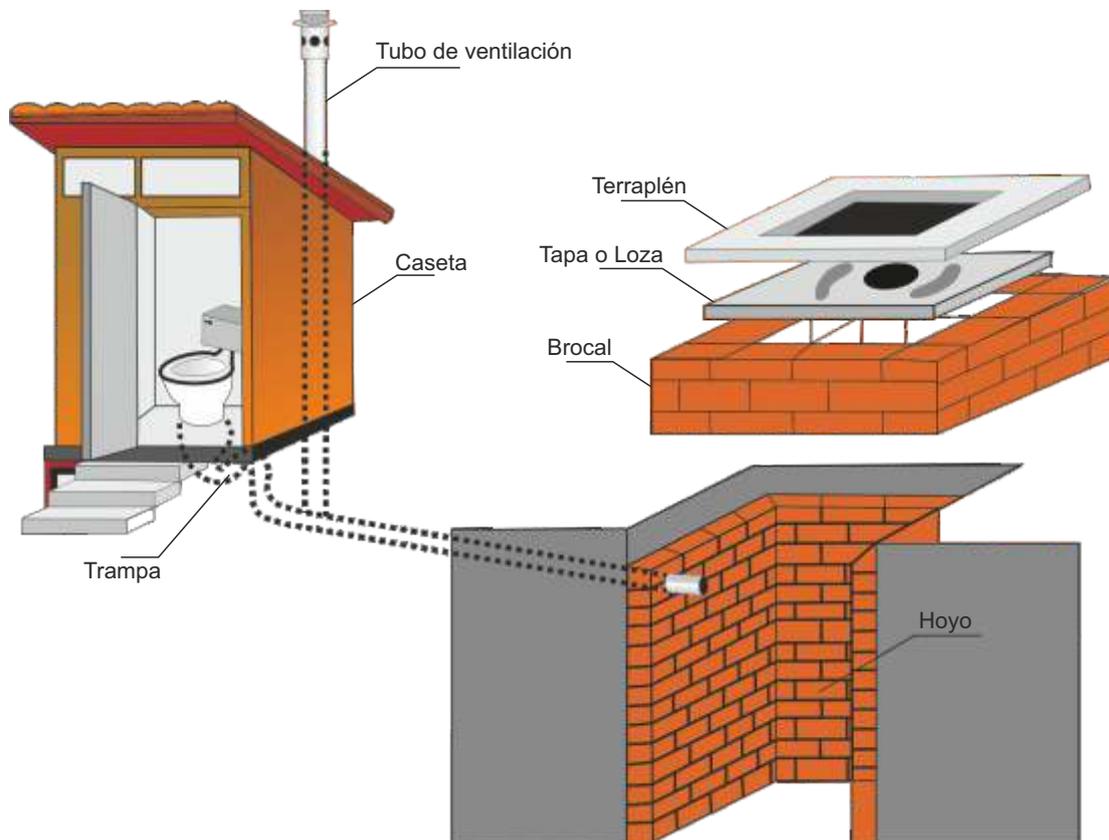
### 3.2.4 Letrina de arrastre hidráulico

Una letrina con arrastre hidráulico es aquella que está conectada, por medio de tuberías, a un pozo de absorción, y tienen la particularidad de contar con un aparato sanitario dotado de un sifón que actúa como cierre hidráulico, el cual impide el paso de insectos y malos olores. Este tipo de letrinas requiere la utilización de agua para arrastrar las excretas desde el baño hasta el hoyo, siendo el uso de este recurso variable entre 2 y 4 litros, dependiendo del tipo de instalación. Por esta razón, este tipo de letrinas son adecuadas en zonas donde existe gran disponibilidad de agua.

Debe tenerse en cuenta que, debido al riesgo de contaminación, este tipo de letrinas no puede ser construida en zonas pantanosas o inundables, o con suelos impermeables o con presencia de arcillas expansivas. Además, debe instalarse en lugares alejados, al menos, a 30 m de cualquier punto de captación de agua, y siempre, aguas debajo de cualquier pozo o manantial de agua destinada al consumo humano.

A continuación se muestra un esquema general de este tipo de letrinas.

**Ilustración 38: Letrina de arrastre hidráulico**



#### INSTALACIÓN TÍPICA

A continuación, se describen los distintos elementos que conforman una letrina de este tipo, muchos de los cuales son similares a las letrinas anteriores.

#### CASETA

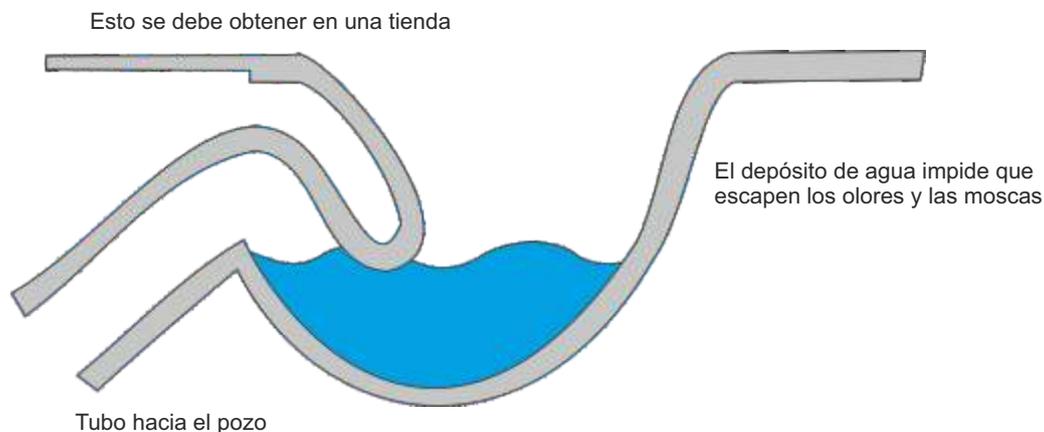
Este tipo de instalaciones tiene la ventaja de permitir su ubicación en el interior de la vivienda, ya que el hoyo puede ser construido en la parte exterior de la misma, conectándose ambos mediante una tubería.

Sin embargo, si se opta por construir una letrina de este tipo en el exterior de la vivienda, las características de la caseta deben ser similares al caso de letrinas de hoyo seco.

## APARATO SANITARIO

En este caso, se puede disponer bien de una losa turca, o bien de un inodoro convencional. Sin embargo, éstos deben ir dotados de un sifón para crear un sello hidráulico y evitar la presencia de malos olores e insectos.

### Ilustración 39: Esquema de funcionamiento de un sifón



El cierre hidráulico consiste en retener una cantidad pequeña de agua en el aparato sanitario para que sobre él se depositen la orina y excretas en el siguiente uso del baño. Después de cada uso, se debe verter agua y se producirá el arrastre de la materia orgánica hacia el hoyo.

## CONDUCTO

La tubería de evacuación debería de tener un mínimo de 4" o 10 cm de diámetro y estar construida con una pendiente entre el aparato sanitario y la caja receptora mayor al 3%.

Cuando en la instalación del conducto dispongamos de un tubo de ventilación, éste se instalará sobre la tubería de evacuación y deberá tener las mismas características que el tubo de ventilación de la letrina de hoyo seco.

## HOYO

El hoyo a construir debe tener las mismas características descritas en el apartado de letrinas de hoyo seco. En este caso, debe ser cubierto completamente por una losa de concreto reforzado que soporte el peso de cualquier posible carga.

## BROCAL

El brocal puede construirse de diversos materiales, como concreto simple o reforzado, ladrillo o bloques de piedra o concreto asentados con mortero de cemento y arena. Su construcción, de forma análoga a las letrinas de hoyo seco, debe iniciarse faltando 0,30 m para llegar a la superficie del suelo y elevarse 5 cm sobre el nivel del suelo para evitar la entrada de agua al hoyo.

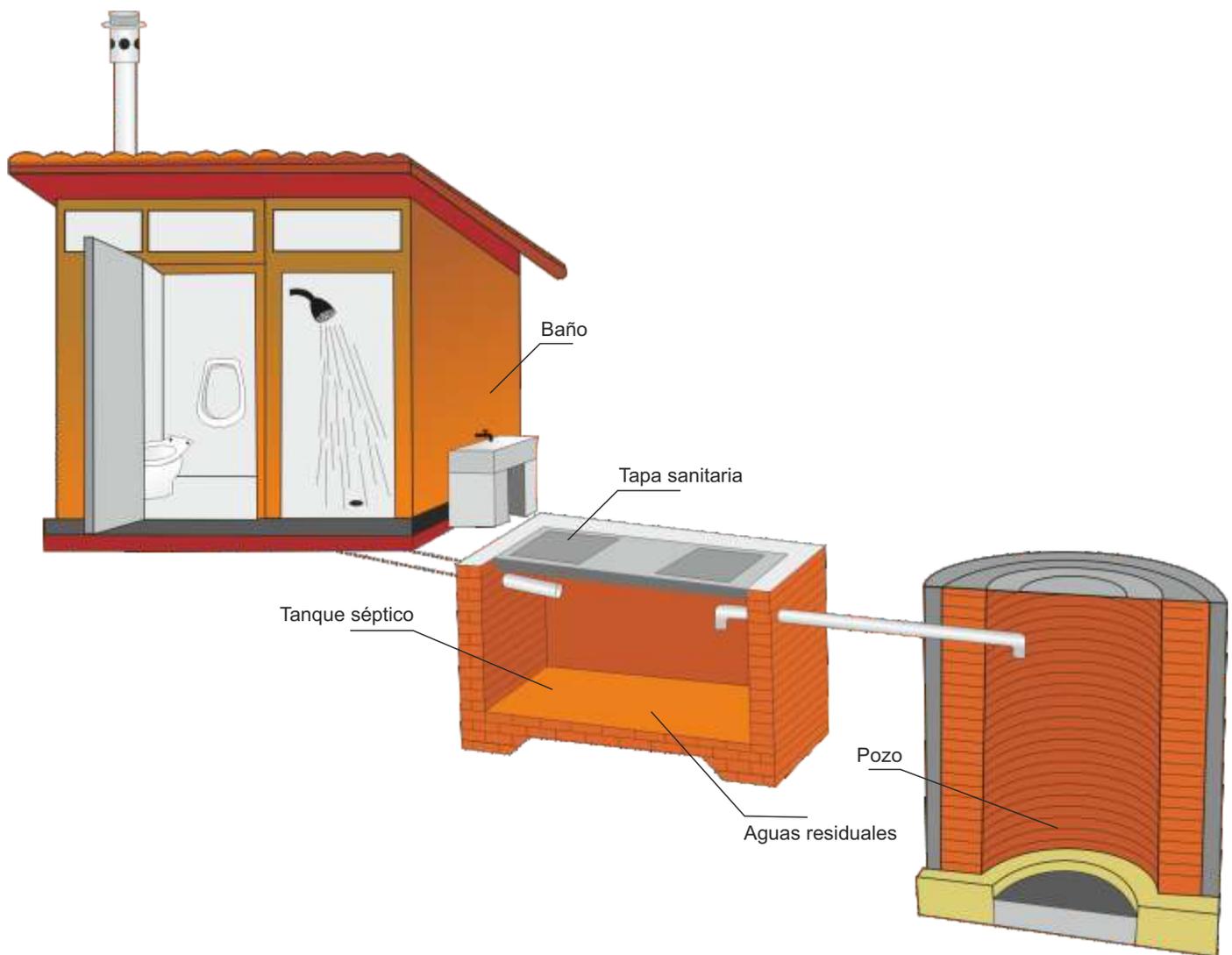


## OPCIONES TÉCNICAS

En las letrinas de arrastre hidráulico, una de las opciones técnicas, es construir una letrina no con un pozo si no con dos. En estos casos, se debe colocar una caja separadora que definirá a cuál de los dos pozos se desplazarán los residuos procedentes de la letrina, obstruyendo el paso hacia el otro. De esta manera, solamente funcionará uno de los pozos mientras que el otro permanecerá en desuso. Cuando el pozo que se encuentra en funcionamiento se sature, se deberá empezar a utilizar el segundo pozo y obstruir la entrada al primero. Para reducir los costos iniciales de la instalación se puede realizar primero sólo uno de los pozos y cuando éste se encuentre casi en su nivel de saturación, construir el segundo.

Otra variante de este tipo de instalación, consiste en incorporar un tanque séptico para reducir los riesgos de contaminación de agua subterránea que puedan existir cuando los residuos se vierten directamente a un pozo de absorción. Las cámaras sépticas son tanques, generalmente de área rectangular, en los cuales se produce la retención de espumas y objetos flotantes, la sedimentación de sólidos y la digestión de la materia orgánica sedimentada para, finalmente, descargar el agua residual clarificada. Éstas, pueden ser utilizadas, tanto para gestionar los residuos provenientes de la letrina, como también de la ducha, en caso de disponer de ella. Cabe remarcar que en estas cámaras, la materia orgánica no es completamente descompuesta, y no ocurren procesos de desinfección, por lo que será necesario disponer de un sistema de tratamiento adicional de los residuos para su disposición final, como pueden ser las zanjas o pozos de infiltración para el efluente líquido o los digestores para la fase sólida. No obstante, esta alternativa tiene como inconveniente que debe disponerse de un sistema periódico de limpieza de los lodos depositados en las cámaras sépticas, que en el ámbito rural suele ser mediante limpieza manual, lo que puede generar rechazo en la población.

**Ilustración 40: Conexión de un tanque séptico con vivienda.**

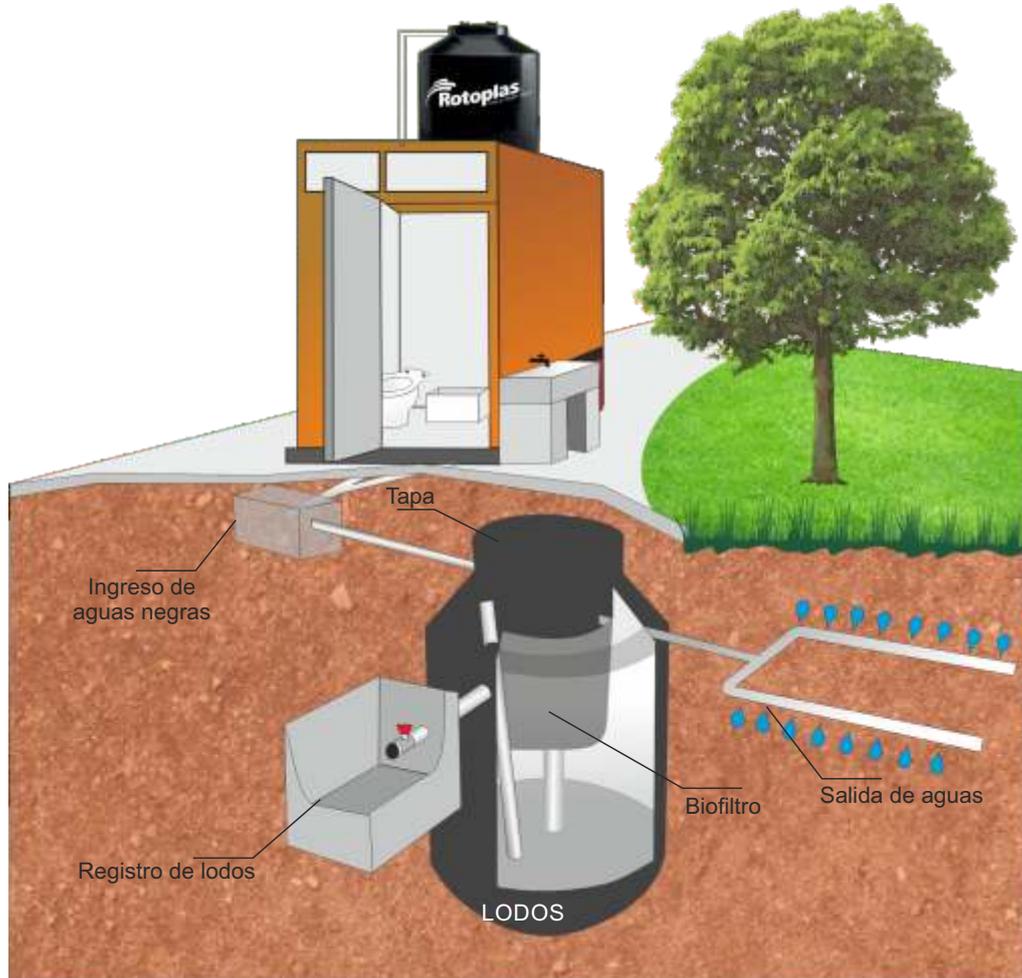


Finalmente, existe otra alternativa que, si bien puede ser la requiera mayor inversión inicial, es la que menos riesgos de contaminación presenta, y la que mayor aceptación por parte de la población puede recibir. Se trata de instalar biodigestores prefabricados, en lugar de la cámara séptica, junto con una zanja de infiltración.

Ilustración 41: Esquema de un biodigestor prefabricado. Fuente: Rotoplas



Ilustración 42: Esquema de instalación de un biodigestor prefabricado. Fuente: Rotoplas



Estos sistemas pueden ser empleados para el tratamiento, tanto de aguas negras provenientes del baño o la cocina, como de aguas grises o jabonosas provenientes de la pila o la ducha. El agua entra por la tubería de entrada, llega hasta el fondo del biodigestor, donde las bacterias empiezan la descomposición y, posteriormente, una parte atraviesa el filtro. La materia orgánica que escapa es atrapada por las bacterias fijadas en los arcos de plástico del filtro y luego, ya tratada, se evacua a través de la tubería de salida. Las grasas salen a la superficie, donde las bacterias las descomponen volviéndose gas, líquido o lodo pesado que cae al fondo. Las aguas tratadas pueden ser evacuadas hacia jardineras y los lodos pueden ser aprovechados como abono tras un período de retención aproximado de 12 meses. Dado que se trata de un sistema "autolimpiable", para la remoción de lodos simplemente se deberá abrir la válvula correspondiente y estos se evacuan por gravedad.

Este tipo de tecnología resulta especialmente adecuada en zonas rurales cuando se trata de instalaciones en edificios comunitarios como colegios, escuelas o similares.



## RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

A continuación, se detallan las distintas tareas de Operación y Mantenimiento que se deben llevar a cabo periódicamente para asegurar un correcto funcionamiento del sistema a largo plazo:

- En primer lugar, se debe verter agua al inodoro tras cada uso, asegurándose que todos los residuos han sido correctamente arrastrados a través de la tubería. El agua que se emplea para este menester, no necesariamente debe ser limpia. Si el acceso a agua limpia es limitado, el agua del lavadero, que se emplea para bañarse, o cualquier otra agua similar, pueden ser utilizadas.
- No debe arrojarse el material de limpieza a la tubería, ya que podrían producirse obstrucciones en las canalizaciones. Además, este material no tiene las mismas propiedades biodegradables que el resto de residuos por lo que podría conllevar mal funcionamiento general del sistema. Por esta razón, debe disponerse un recipiente donde disponer el material de limpieza de forma segura, manteniendo éste tapado permanentemente para evitar malos olores y la proliferación de insectos.
- En cuanto a la caseta y la losa, se deben realizar las mismas tareas que en el caso de las letrinas de hoyo seco.

En el caso de disponer de **cámara séptica**:

- Al inicio del uso de la misma, puede ser recomendable depositar una capa de lodos de otra cámara que lleve un cierto tiempo en funcionamiento para agilizar el inicio del proceso de digestión anaerobia de los sólidos.
- Es necesario inspeccionar periódicamente que el nivel de lodos no llega al límite de la capacidad de la cámara, así como cerciorarse de que no hay obstrucciones en la entrada o la salida.
- En caso que produzca la saturación de la cámara, será necesaria la remoción de los lodos, lo cual en el ámbito rural suele realizarse de forma manual. Este es un trabajo desagradable, que pone en peligro la salud de los que lo realizan, por lo que deberán usarse botas y guantes, así como deberá lavarse el cuerpo con jabón para evitar posibles enfermedades
- Los lodos extraídos deberán disponerse en trincheras a una distancia de al menos 500 metros de la vivienda más cercana y, una vez secos, proceder a enterrarlos o usarlos como mejorador de suelo.

En el caso de disponer de **biodigestor**:

- Debe realizarse la remoción de lodos anualmente. Éstos deben dejarse secar durante dos meses, adicionándoles cal en polvo para eliminar los microorganismos y removiéndolos cada mes.

- Se pueden reusar los lodos como abono de plantas o mejorador de suelo, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:
  - ★ Los lodos han sido correctamente desinfectados con suficiente cal
  - ★ El lodo está seco
  - ★ No se debe usar para hortalizas
  - ★ El lodo desinfectado aún tiene cierta cantidad de microorganismos, por lo que debe utilizarse protección personal y evitarse el contacto con los niños
  - ★ El uso del lodo será beneficioso dependiendo de la eficiencia del método de desinfección y aplicación que el usuario determine
- El filtro del biodigestor debe ser limpiado cada 2 años.
- Una vez al año, se debe abrir la tapa y eliminar las grasas y cualquier material flotante, para evitar la obstrucción de tuberías o del pozo de absorción. El material retirado deberá ser mezclado con cal y dispuesto al relleno sanitario.

En el caso de los **pozos de percolación y zanjas de infiltración**, deberá inspeccionarse éstos periódicamente para prevenir la erosión o la posible falla del sistema:

- Erosión: En caso que ésta se produzca a causa de la lluvia, el viento o el agua superficial, se deberá plantar hierba encima del pozo de absorción y de la zanja de infiltración
- Falla del sistema: Cuando el tipo de terreno no permite una gran absorción del efluente el sistema deja de funcionar correctamente y pueden producirse reboses no deseados. Dado que cuando esto ocurre no existe reparación posible, el sistema deberá ser abandonado, obligando a construir uno nuevo en una zona más favorable.

### 3.2.5 Biofiltros domiciliarios

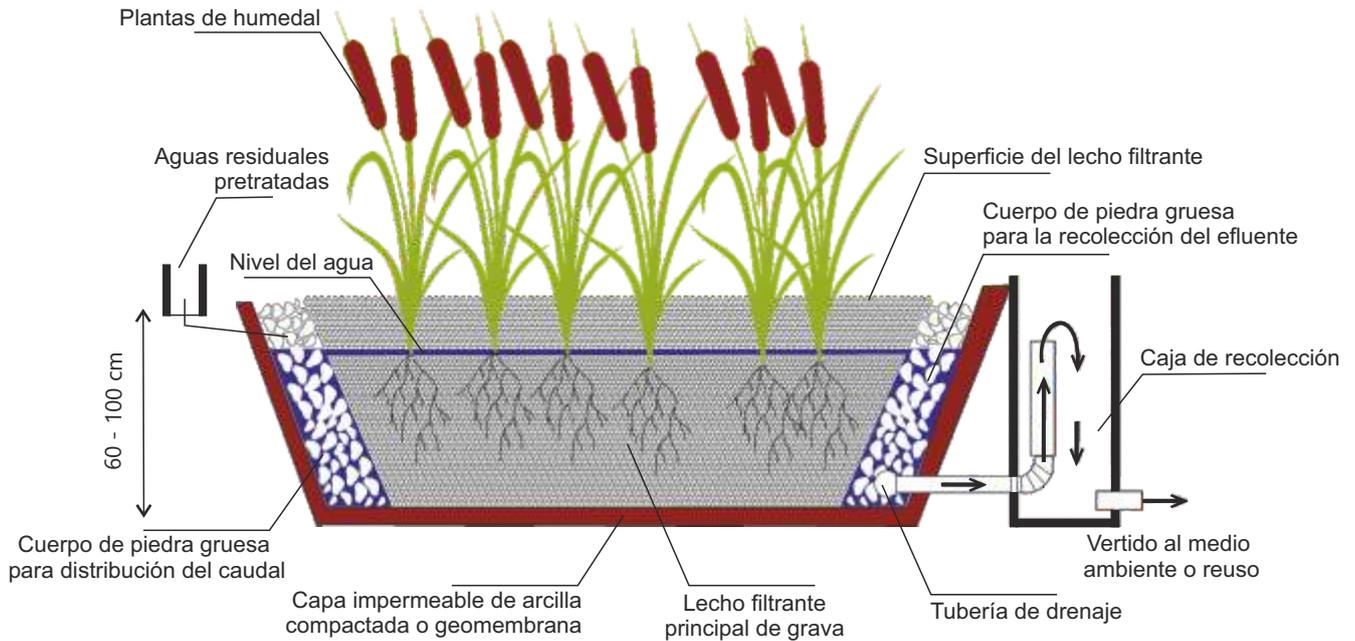
Los biofiltros son dispositivos que eliminan una amplia gama de compuestos contaminantes imitando a los humedales (pantanos) naturales, donde las aguas residuales se depuran por procesos naturales, como son la sedimentación, filtración y biodegradación de la materia orgánica que contienen las aguas servidas, en una sola etapa de tratamiento.

Se trata de humedales artificiales de poca profundidad y flujo subterráneo, los cuales se rellenan con un material que actúa como lecho filtrante y en cuya superficie se siembran plantas de pantano. A través de ellos, las aguas pretratadas pueden fluir en sentido horizontal o vertical, en función de la tipología del biofiltro.

Los biofiltros en el tratamiento de aguas son diversos, pudiendo diseñarse para evitar malos olores, purificar aguas negras e incluso, para hacer aptas para consumo humano las aguas residuales. En este capítulo, nos centraremos en **biofiltros de flujo horizontal para el tratamiento de aguas grises** (aguas provenientes del lavado o para higiene corporal) domésticas, ya que garantizan una eficiencia en la remoción de materia orgánica del orden del 95%. La calidad del agua saliente de estos biofiltros es óptima para reutilizarla como riego, depositarla a un cuerpo de agua superficial o infiltrarla para la recarga de acuíferos, teniendo en cuenta que no será apta para consumo humano.

El uso de este tipo de biofiltros requiere procesos previos de tratamiento que garanticen una efectiva remoción de los sólidos suspendidos para evitar la obstrucción del lecho filtrante. Estas aguas residuales pretratadas fluyen lentamente desde la entrada de la pila, con una trayectoria horizontal a través del lecho filtrante, hasta llegar a la zona de salida, donde se recolecta el efluente. A lo largo de este proceso, que puede tener una duración de entre 3 y 5 días, el agua es depurada gracias a la acción de microorganismos, así como a otros procesos físicos como la filtración y la sedimentación.

**Ilustración 43: Biofiltro de flujo horizontal**



**INSTALACIÓN TÍPICA**

Para que el proceso de tratamiento de aguas residuales mediante esta tecnología sea adecuado, debe existir, además del biofiltro, un sistema de pretratamiento. A continuación se detallan los componentes de ambos sistemas

**SISTEMA DE PRETRATAMIENTO**

En esta etapa del proceso, los sistemas que se usan habitualmente, son tanques separadores de grasa y partículas sólidas, con el fin de asegurar una mayor remoción y evitar que partículas mayores lleguen al biofiltro.

La trampa de grasas es un recipiente en el cual el agua se retiene un tiempo para permitir la sedimentación de las partículas sólidas, las cuales se depositan en el fondo del mismo, mientras las grasas ascienden a la superficie. De esta forma, el agua pretratada, quedará en la fase intermedia y tendrá las características adecuadas para ser vertida al biofiltro.

Para una familia de 4 ó 5 personas, la trampa de grasas debe tener un tamaño aproximado de 60cm x 60cm x 60cm, pudiendo ser construida adaptando un balde de plástico de unos 20 litros. Este recipiente debe tener un orificio de entrada en la parte superior, y un orificio de salida situados unos 15 cm por debajo del primero. A través de estos orificios, se insertarán las tuberías de PVC, por donde entrará el agua directamente del baño y/o la ducha, y saldrá hacia el biofiltro.

Por último, debemos prestar especial atención a los niveles y las pendientes de las tuberías, asegurando que la pendiente, tanto de la entrada como de la salida sea mayor del 4%. Cuando el nivel de lodos en la trampa de grasas sea elevado, se deberán retirar éstos y depositarlos en un lugar adecuado para su secado y disposición final.

**Ilustración 44: Esquema de la trampa de grasas.**

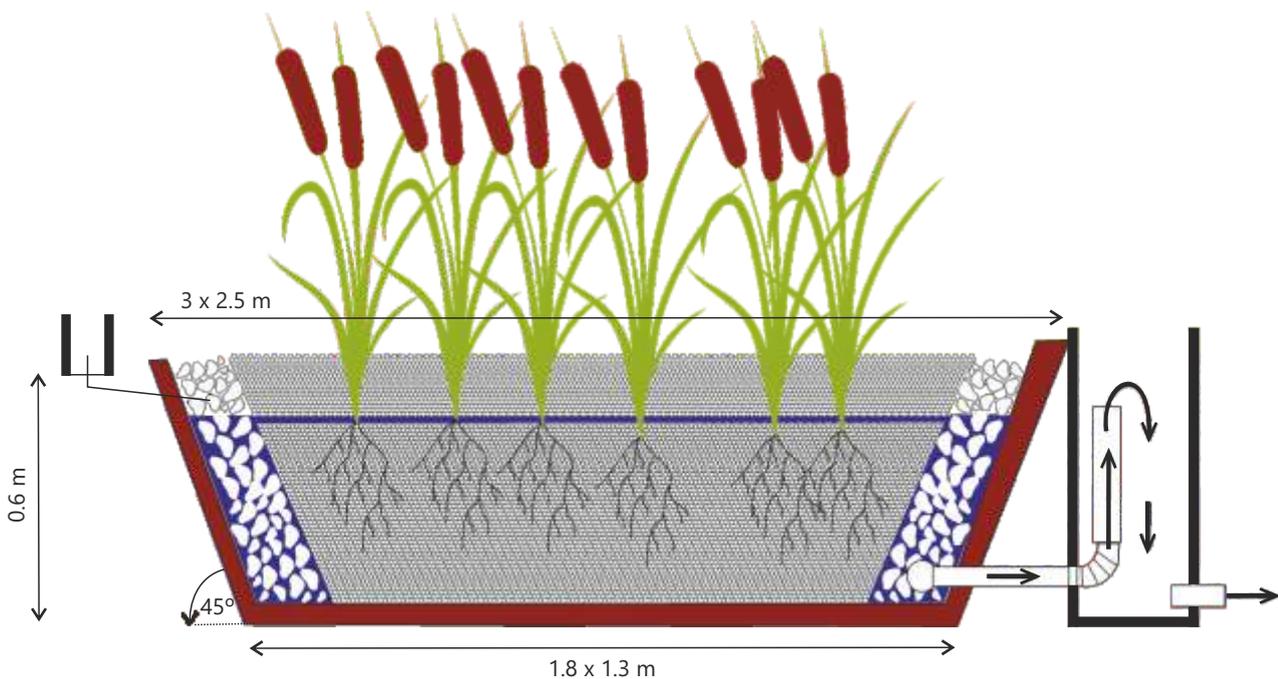


## BIOFILTRO

Esta es la parte principal del sistema, y se trata de una zanja o jardinera impermeabilizada compuesta por una zona de entrada, una zona de filtrado con plantas y microorganismos y una zona de salida. La entrada y la salida están rellenas con piedra gruesa de entre 5 y 10 cm de diámetro, mientras que la zona central se rellena con piedra más fina y homogénea (grava).

En primer lugar, será necesario cavar una zanja, nivelándola y compactando la superficie con las dimensiones de diseño, de forma que esté dotado de una leve pendiente que garantice un correcto flujo del agua desde la entrada hacia la salida. Para un uso familiar, se pueden emplear las siguientes dimensiones: en la parte superior una dimensión de 3 x 2.5 metros mientras que en la inferior, 1.8 x 1.3 metros con una altura de 0.6 metros y unos chaflanes de 45°. De forma análoga a la trampa de grasas, en el biofiltro también debemos prever una entrada y una salida de las tuberías para la circulación del agua. La primera se coloca en la parte superior de la zanja o jardinera mientras que la de salida se debe de colocar a la altura del firme.

**Ilustración 45: Dimensiones recomendadas del biofiltro**

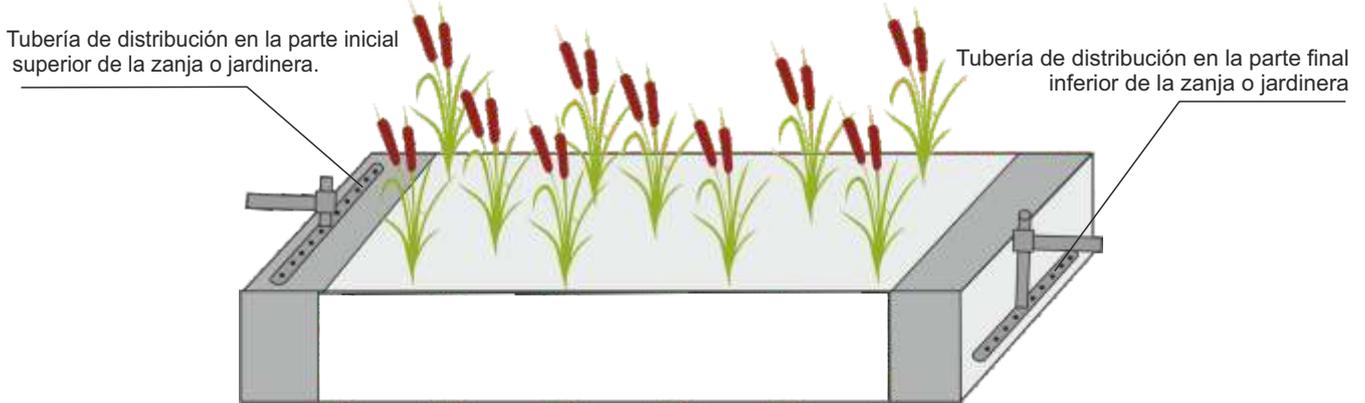


La parte interior de las paredes del biofiltro puede estar recubierta con cemento pulido, pudiendo mejorar éste con impermeabilizante o utilizar plásticos y/o sacos para evitar el ingreso del agua de lluvia por los laterales del biofiltro. Una vez concluida esta fase, debemos determinar las distintas zonas de filtración. Para ello, se debe dividir la longitud total en 6 partes, relleno la primera y la última con piedra gruesa, y la zona central con grava.

Una vez realizado este paso, es momento de sembrar las plantas. Éstas pueden estar colocadas, bien en toda la superficie del biofiltro o bien en la zona central, teniendo en cuenta, durante la plantación de las mismas, que el tallo no quede demasiado profundo. Son muchas las plantas que es posible utilizar pero, preferentemente, se utilizarán las plantas nativas de la región, que no aumenten los costes de la instalación y que puedan absorber buenas cantidades de agua, como pueden ser el carrizo, la totora u otra planta con características similares.

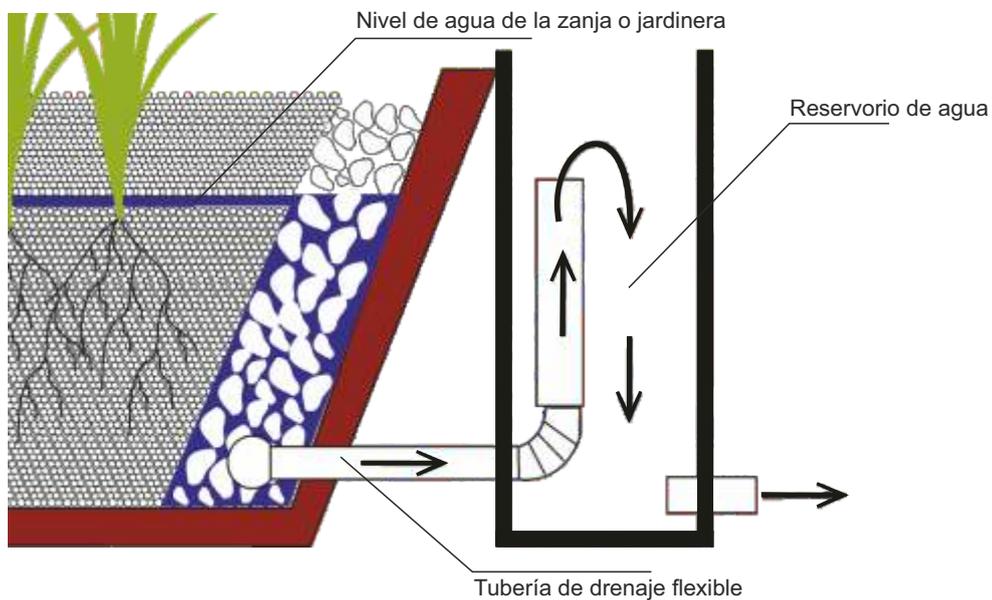
Finalmente, deben instalarse los conductos de entrada y salida del agua. La entrada puede hacerse de dos formas, bien directamente dentro del material filtrante, o bien conectando un tubo de distribución con perforaciones orientadas hacia abajo espaciadas cada 4 o 5 cm a lo ancho de la zanja y situado en la parte superior de la misma. La ventaja de la utilización de este sistema es que el agua se distribuye de manera uniforme a lo ancho del filtro pero debemos asegurarnos de que el flujo de agua sea constante para que el sistema funcione adecuadamente. Este detalle queda ilustrado en la siguiente figura.

**Ilustración 46: Tuberías de distribución en entrada y salida del biofiltro.**



Como se puede observar, a la salida se puede emplear un tubo de distribución similar al de entrada, colocado en la parte inferior de la zanja. El tubo de salida puede ser flexible para facilitar el control del nivel de agua en el biofiltro, desplazando el extremo superior hacia arriba o hacia abajo, según convenga. Para el aprovechamiento del agua a la salida puede instalarse un pequeño reservorio de almacenamiento.

**Ilustración 47: Salida del biofiltro con tubo flexible.**



**OPCIONES TÉCNICAS**

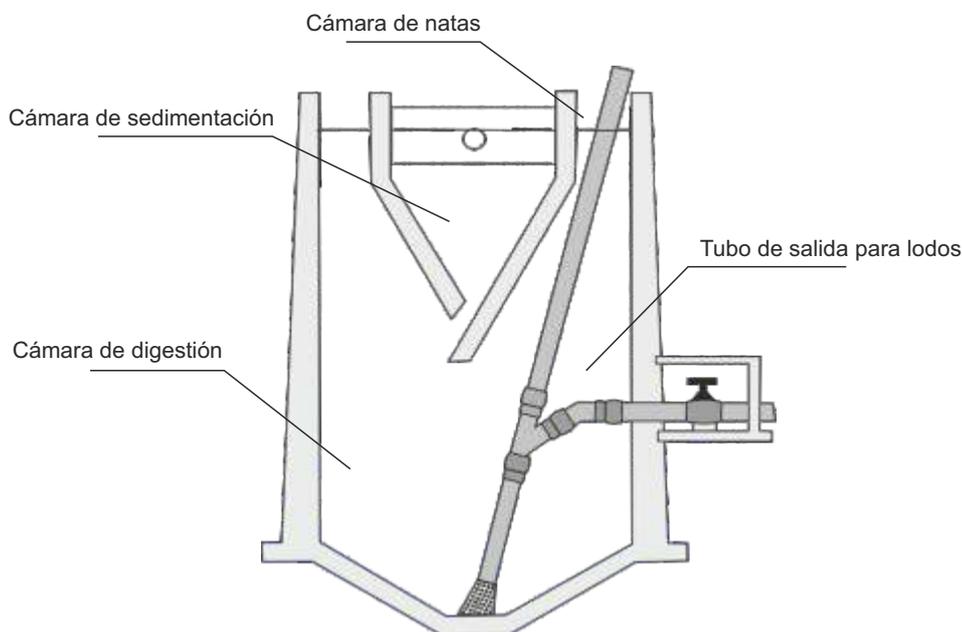
En primer lugar, los biofiltros pueden diseñarse para el tratamiento de aguas residuales de varias familias, aumentando su tamaño proporcionalmente al diseño inicial, en función del número total de familias. Si bien de esta manera se requiere una mayor área disponible, los costos se reducen frente a la instalación de sistemas individuales, siempre y cuando las familias usuarias sean capaces de organizarse para su buen uso y mantenimiento.

Por otra parte, existen diferentes tipos de pretratamiento que pueden ser implementados para mejorar el proceso. En primer lugar, en el caso el agua residual llegue a la trampa de grasas a través de un canal abierto, es posible instalar una rejilla que impida el paso de los sólidos más gruesos, evitando así la saturación prematura de la trampa.

En segundo lugar, se puede considerar la instalación de un desarenador, el cual tiene una función similar al caso de las Microcentrales Hidroeléctricas. Consiste en un ensanchamiento del canal, de manera que el agua pierda velocidad y se produzca un proceso de sedimentación. Los residuos depositados en el fondo del mismo deben ser retirados periódicamente para evitar la saturación.

Finalmente, podemos contar con un tanque séptico<sup>9</sup> o un tanque Imhoff. Éste último, consta de 3 partes diferenciadas, la cámara de sedimentación, la cámara de digestión de lodos y un área de ventilación y acumulación de natas. El tanque está diseñado para que estos procesos ocurran en varias etapas. No obstante, disponer de un sistema previo para eliminar sólidos grandes y arena, de forma que el proceso pueda darse adecuadamente.

**Ilustración 48 : Esquema de un tanque Imhoff**



### RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA

Las actividades de operación y mantenimiento suelen ser sencillas y de bajo costo para cada una de las etapas de tratamiento. Éstas pueden ser realizadas por las mismas familias que operan el sistema, para las cuales utilizarán materiales y herramientas que pueden encontrarse fácilmente en las propias viviendas.

Para el pretratamiento del agua se requiere una limpieza de los sólidos gruesos, material sedimentado y grasas acumuladas, para lo cual puede utilizarse una pala y una carretilla. La frecuencia de estas actividades será variable en función del uso del sistema, pero se recomienda comprobar el nivel de sedimentos semanalmente. El material que extraemos de la trampa de grasas se puede tratar enterrándolo en pozas o realizando compostaje.

En cuanto al biofiltro, las tareas de mantenimiento consisten básicamente en el lavado del material filtrante, especialmente en la zona de entrada. Eventualmente, en un período de 5 a 10 años podemos encontrarnos con el problema de que el filtro se puede obstruir debido a la acumulación de sólidos en el lecho filtrante.

<sup>9</sup> Ver sección "Letrinas de arrastre hidráulico"

Cuando esto sucede, veremos como el agua se desborda por la parte superior del filtro en vez de fluir por el tubo de salida. En esta situación, la piedra gruesa de la parte inicial y la grava del lecho filtrante deben sustituirse por nuevo material. No obstante, puede sustituirse inicialmente la piedra gruesa y comprobar si la situación mejora. De no ser así, se debe cambiar la grava de la zona central y tal vez también el material de la zona de salida.

El mantenimiento del filtro también incluye labores de jardinería. Éstas son igual de importantes que las del resto de la instalación, ya que un buen cuidado de las plantas garantiza un mejor funcionamiento del sistema. Es necesario podar estas plantas regularmente puesto que al realizar esta tarea conseguimos que las plantas absorban más nutrientes para desarrollar nuevas ramas y hojas, mejorando así el proceso de tratamiento de las aguas grises. Complementariamente, debe tenerse cuidado en la elección de los productos de limpieza utilizados y que luego serán vertidos al sistema, ya que éstos pueden ser nocivos para las plantas. Preferentemente deben utilizarse jabones biodegradables y no abusar de químicos, como por ejemplo el cloro.

## IV EDUCACIÓN SANITARIA

En el ámbito de los proyectos de Agua y Saneamiento en poblaciones rurales con elevados índices de pobreza, la educación sanitaria es una componente de principal relevancia que debe ser considerada como un aspecto central en el proceso de los proyectos. En efecto, existe un gran número de proyectos de Agua y Saneamiento que han fracasado debido a su planificación centrada únicamente en la construcción de la infraestructura. Sin embargo, la tecnología por sí misma, no garantiza la transformación de la realidad rural andina, sino que debe ir acompañada de un plan formativo que refuerce los conocimientos preexistentes, sensibilizando a la población local respecto a la necesidad de nuevos y mejores hábitos en términos de higiénicos y sanitarios para que la mejora de la salud de la población sea efectiva.

La educación sanitaria es una estrategia que comprende un conjunto de actividades orientadas a promover el desarrollo de una manera integral en el seno de las comunidades rurales. En particular, pretende promover hábitos y estilos de vida saludables en hombres y mujeres, garantizar la sostenibilidad de las nuevas infraestructuras y sistemas de agua potable y saneamiento, promover la participación y la organización comunal, de manera que la propia población sea el actor principal y más activo en el cuidado de su salud y la gestión de los procesos de desarrollo locales, mejorar las propuestas institucionales a partir del conocimiento, experiencias y tradiciones locales, así como establecer nuevos espacios y mecanismos de interacción entre la población rural y las instituciones de desarrollo, tanto públicas como privadas.

Frente a las prácticas habituales en términos de educación sanitaria, se ha identificado la necesidad de emplear nuevas estrategias para que no solo se generen nuevos conocimientos, sino que estos se traduzcan efectivamente en nuevas actitudes y prácticas. En primer lugar, los proyectos deben responder a una necesidad expresada por la propia población beneficiaria. Es habitual que los procesos educativos partan del interés de las instituciones, estableciendo una relación de arriba-abajo con los pobladores y transfiriendo un conjunto de mensajes preelaborados, suponiendo lo que necesitan o no saben. Sin embargo, el proceso educativo debe ser flexible, adecuándose a las características de cada comunidad, estableciendo estrategias concretas en función del nivel organizativo, las estructuras de poder, las características socioeconómicas, etc. En particular, debe hacerse especial énfasis en la identificación y análisis en relación a los usos del agua y la disposición de excretas, así como en las potencialidades y debilidades de la cultura local respecto a hábitos y costumbres de higiene.

Además, es necesario tener en cuenta que el ritmo al que se puede producir un cambio de hábitos suele ser mucho más lento que el ritmo de ejecución de un proyecto de este tipo. Por tanto, el proceso educativo de ser establecerse de forma permanente y dinámica, modificándose en función de los avances de las comunidades.

Para lograr estos objetivos resulta de vital importancia involucrar a la población, así como fortalecer los lazos entre distintos actores locales de relevancia en este proceso, como son el Facilitador, el/la Promotor/a de Salud y el personal docente de las Instituciones Educativas, estableciendo procesos participativos de calidad en todas las fases del proyecto. De esta forma, el mensaje no será transmitido desde la institución ejecutora del proyecto, si no que será construido de forma conjunta con los pobladores, asegurando que éste sea asimilado por completo y se traduzca en prácticas y hábitos de salud e higiene mejorados. Esta forma de producción de conocimiento favorece la apropiación y el uso de los nuevos conocimientos, promoviendo la reflexión activa y consciente respecto a la necesidad de una transformación en términos de hábitos y costumbres. En este punto merecen especial atención las posibles desigualdades de género que pueden existir en la comunidad, debiéndose emplear una estrategia específica para asegurar una participación de calidad por parte de las mujeres en los espacios de toma de decisiones.<sup>10</sup>

Finalmente, puede ser útil incorporar estrategias de difusión incorporando la lógica publicitaria, en la que identifiquen las expectativas de la población objetivo y se defina el valor agregado que las propuestas sanitarias tienen para responder a esas necesidades. Es decir, no solo concienciar a la población respecto a la necesidad del lavado de manos, por ejemplo, o de mayor frecuencia de lavado corporal en términos de beneficios sobre la salud, sino también en términos de bienestar personal y autoestima, ya que permite tener un mejor olor corporal y sentirse y verse mejor.

## **V** MODELO DE GESTIÓN DE LOS SISTEMAS DE AGUA Y SANEAMIENTO

En muchas áreas del ámbito andino peruano, el agua se ha convertido en una fuente de intensos conflictos por diversas razones, como ineficiencias en los sistemas de gestión del agua, el cambio climático, la pobreza, el incremento demográfico y la vulnerabilidad a los riesgos. Las municipalidades reconocen la necesidad de conservación de las fuentes de agua para evitar pérdidas en la cantidad y calidad del agua y el consiguiente desabastecimiento a la población en el servicio de agua potable. Sin embargo, la mayoría de las fuentes de agua están expuestas a la erosión y desprotección de cobertura vegetal en la parte alta de sus cuencas. Además, el sobrepastoreo en cabecera de cuenca, predominante en diversas áreas de la zona andina, trae consigo la disminución de la capacidad de recarga de la fuente y, a la vez, cierto grado de contaminación, igualmente, la expansión de las industrias extractivas en cabecera de cuenca, también supone un riesgo para el acceso al agua por parte de las comunidades.

Todo esto, unido al escaso conocimiento del potencial hídrico en cada región, un marco legal del agua sesgado a la agricultura y la falta de coordinación entre las instituciones del Estado, provoca que la respuesta de los gobiernos a estas debilidades sea inadecuada en muchos sentidos y, por tanto, insuficiente. Además, resulta muy frecuente que, en los servicios que se encuentran bajo la administración de las municipalidades, los niveles de gestión sean casi inexistentes o estén asumidos de manera complementaria por las áreas técnicas o sus similares. No se cuenta con planes de gestión de los servicios, estructuras tarifarias, manuales de administración, operación y mantenimiento o procedimientos para la atención de reclamos. Es por eso que se torna de vital importancia incluir la participación de la población en la toma de decisiones, como estrategia que asegure la implicación de los más vulnerables en la problemática del agua y saneamiento, reafirmando su papel predominante en la gestión de los sistemas, asegurando un uso adecuado del agua en función de las necesidades y recursos locales y maximizando la sostenibilidad de las instalaciones.

En Perú, la participación comunitaria tiene una larga tradición, especialmente a nivel rural y de municipios menores. La participación fue promovida mediante la construcción de acueductos, alcantarillados, letrinas etc.

---

<sup>10</sup>Ver "Enfoque de género en proyectos de agua y saneamiento"

con mano de obra comunitaria y un proceso de información para garantizar la sostenibilidad del servicio. En el sector se han manejado diferentes conceptos sobre participación comunitaria:

- Aporte de mano de obra y materiales para disminuir costos en la construcción o cubrir la falta de recursos.
- Financiamiento de los costos de inversión y operación, centrando las actividades de las juntas administradoras en la recolección de tarifas, para recuperar costos de inversión y sostener el funcionamiento de los sistemas.
- Existencia de una organización comunitaria encargada de la prestación del servicio de agua con poco conocimiento y experiencia.

Estas formas de participación promovidas especialmente en los años 90 no generaron en el país los resultados esperados de apropiación y sostenibilidad por parte de las comunidades, ya que se encontraron sistemas de agua abandonada y con problemas de operación y mantenimiento. Como causa principal del fracaso de los sistemas de abastecimiento de agua se asocia la poca o nula participación de los usuarios en la planeación, diseño, construcción y administración de los sistemas.

### **La participación comunitaria en el ciclo del proyecto**

La experiencia en los proyectos de agua y saneamiento ha demostrado que, si se desea lograr que exista una apropiación y responsabilidad comunitaria hacia las obras construidas, es necesario involucrar a las comunidades en las diferentes fases:

- Planeación y diseño.
- Gestión de recursos.
- Construcción de las obras.
- Administración.
- Operación y mantenimiento.
- Vigilancia y control de la calidad del servicio, también incluye acciones de información, educación, fortalecimiento comunitario, fiscalización, concentración, toma de decisiones y gestión de recursos.

Las instituciones involucradas en el proceso asumen el rol de facilitadores y, junto con las comunidades, construyen las soluciones de acuerdo con las condiciones locales. Con la participación de la comunidad en el ciclo del proyecto se busca fortalecer la capacidad local y promover soluciones sostenibles.

En ese sentido, en Perú, la organización indicada a participar en los proyectos por ley son las Juntas de Administración de Servicios de Saneamiento.

### **JUNTA ADMINISTRADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO – JASS**

#### **¿Qué es una JASS?**

La JASS es una Asociación que se encarga de la prestación de los servicios de saneamiento en los centros poblados y comunidades rurales. Se llama servicios de saneamiento a los servicios de agua potable, disposición de excretas (letrinas) y eliminación de basura (Decreto Ley N° 26338, Decreto Supremo N° 24-94-PRES).

#### **¿Cómo se constituye una JASS?**

La Ley General de Servicios de Saneamiento reconoce el derecho de la JASS para constituirse como asociación civil, lo que le permite suscribir convenios de cooperación, contratos y préstamos con otras instituciones. Con la finalidad de obtener su personería jurídica, la JASS presentará a Registros Públicos su acta de constitución, estatuto y reglamento. Para la inscripción en el Directorio Nacional de JASS de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), se deberá presentar los siguientes documentos:

- Solicitud de inscripción.
- Acta de constitución o adecuación de la JASS.
- Constancia de inscripción en los Registros Públicos para obtener la personería jurídica.
- Ficha resumen de información básica llenada según formato.

Para constituir una JASS en las comunidades se recomienda lo siguiente:

- Convocar a los miembros de la comunidad a una Asamblea General.
- Explicar la razón por la que se debe organizar y constituir una JASS.
- La Asamblea General debe elegir a un grupo de personas que representará a la comunidad y se hará responsable de la administración de los servicios de saneamiento. Este grupo es el consejo directivo de las JASS.
- Oficializar la designación del consejo Directivo, levantando un Acta de Constitución de las JASS.

### ¿Por qué es importante una JASS?

La JASS es importante porque, cuando está bien organizada y cuando se administran, operan y mantienen eficientemente los servicios de saneamiento, contribuye a mejorar la calidad de vida en la comunidad.

### ¿Cómo se organiza la JASS?

La JASS esta formada por:

- **La Asamblea General:** es la autoridad máxima de las JASS y la conforman todos los asociados (as) inscritos en el padrón.
- **El Consejo Directivo:** es el grupo de personas elegidas por la Asamblea General para responsabilizarse de la administración de la JASS.

## ASAMBLEA GENERAL

### ¿Qué es un(a) Asociado (a)?

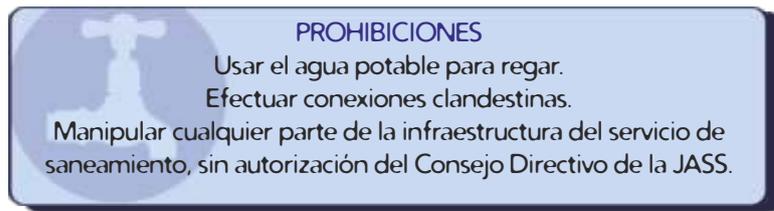
Es la persona inscrita en el padrón de asociados como representante de los miembros de una familia que usa los servicios de saneamiento. Cada vivienda sólo puede tener un asociado. Cada asociado tiene los siguientes derechos, obligaciones y prohibiciones:

#### DERECHOS

- Elegir y ser elegido como miembro del Consejo Directivo.
- Tener voz y voto en la Asamblea General.
- Representar y hacerse representar en la Asamblea General.
- Controlar la gestión del Consejo Directivo.
- Gozar de todos los beneficios que pueda producir la JASS.
- Recibir aviso oportuno de las interrupciones del servicio.
- Ser atendido en sus reclamos.
- Estar informado sobre el estado del servicio.

#### OBLIGACIONES

- Participar en las asambleas.
- Participar en los trabajos comunales convocados por la JASS.
- Pagar la cuota familiar y las cuotas aprobadas por la asamblea.
- Informar a la JASS de las averías que afectan el servicio.
- Conservar y usar adecuadamente el sistema.
- Participar activamente en las actividades de la JASS.
- Cumplir con las normas establecidas en el estatuto y en el reglamento.
- Acatar las decisiones de la Asamblea General y del Consejo Directivo.



### ¿Cuáles son las funciones de la Asamblea General?

Se debe reunir ordinariamente cada 3 meses y extraordinariamente cuando es necesario.

- Aprobar el estatuto, reglamento interno y sus modificaciones.
- Aprobar el plan de trabajo, el presupuesto anual y la cuota familiar.
- Aprobar el informe anual del Consejo Directivo.
- Supervisar y evaluar las actividades realizadas por el Consejo Directivo.
- Designar al Comité Electoral.
- Resolver y sancionar casos de denuncias a miembros del Consejo Directivo y/o asociados.
- Confirmar o revocar las sanciones impuestas por el Consejo Directivo.
- Elegir a los miembros del Consejo Directivo.
- Otras funciones que por su naturaleza le correspondan como máxima autoridad de la JASS.

### CONSEJO DIRECTIVO

El Consejo Directivo es la instancia responsable de la administración de la JASS. Tiene la finalidad de asegurar la calidad del servicio y una buena gestión y administración. Sus miembros son elegidos por la Asamblea General por un periodo de dos años y son responsables de manera conjunta de las decisiones que tomen. Estos son cinco:

- El Presidente
- El secretario
- El tesorero
- Dos vocales

Cualquiera no puede ser miembro del Consejo Directivo, hay ciertos requisitos: Ser asociado o cónyuge de asociado, tener más de 18 años, no tener problemas policiales ni judiciales y estar al día en el pago de cuotas a las JASS.

El consejo directivo debe reunirse mensualmente para ver la marcha de la asociación y extraordinariamente cuando se necesite.

### ¿Quién controla al Consejo Directivo?

La Asamblea General elige un fiscal, quien se encarga de vigilar al consejo directivo. Su cargo dura 2 años. El fiscal puede estar en las reuniones del Consejo con voz, pero sin derecho a voto en las decisiones.

### ¿Qué funciones debe cumplir el Consejo Directivo?

- **Administrar el servicio de saneamiento:** Es la función más importante del Consejo Directivo para garantizar un buen servicio de saneamiento básico. Para ello, sus miembros planifican, ejecutan, supervisan y evalúan las actividades acordadas en el plan de trabajo anual.

- **Elaborar el plan anual de trabajo, presupuesto y cálculo de la cuota familiar:** El Consejo Directivo tiene la función de elaborar el plan de trabajo anual, el presupuesto y la propuesta de la cuota familiar, y presentarlos a la Asamblea para su aprobación.
  - **Cautelar el patrimonio de la JASS:** Es muy importante para el manejo ordenado del dinero. El control de pagos es una actividad indispensable a fin de garantizar la disponibilidad de los recursos económicos necesarios para el cumplimiento del plan de trabajo, y asegurar así la adecuada operación y mantenimiento del sistema. Hay cuatro instrumentos o herramientas que permiten controlar los pagos:
    - ★ Control de pagos y libro de caja: Es muy importante para el manejo ordenado del dinero. El control de pagos es una actividad indispensable a fin de garantizar la disponibilidad de los recursos económicos necesarios para el cumplimiento del plan de trabajo, y asegurar así la adecuada operación y mantenimiento del sistema. Hay cuatro instrumentos o herramientas que permiten controlar los pagos:
      - ▲ Talonario de recibos
      - ▲ Cuaderno de control de pagos
      - ▲ Cuaderno diario de movimiento de caja
      - ▲ Libro de caja

La elaboración y actualización del libro de caja es responsabilidad del tesorero de la JASS, bajo la supervisión del Presidente.

  - ★ Elaboración de inventarios de bienes: Para resguardar los bienes, equipos y materiales de la JASS, es conveniente elaborar un inventario. Este tiene por finalidad registrar todos los bienes (equipos y materiales) que son propiedad de la JASS (comprados u obtenidos por contribución de los asociados, o mediante donación de alguna institución).
- **Aprobación de la solicitud de inscripción de nuevos socios:** Mediante esta función, el Consejo Directivo de la JASS pretende que todos los comuneros se beneficien de los servicios de saneamiento básico. Por ello, promueve el ingreso de nuevos socios y evalúa si reúnen las condiciones para ingresar a la junta. Para cumplir esta función, a continuación se presentan algunos procedimientos importantes:
  - ★ Inscripción de asociados: Para inscribirse como asociado, se debe cumplir con los siguientes requisitos:
    - ▲ Haber participado en la ejecución del sistema de agua potable, en faenas comunales y en asambleas.
    - ▲ Entregar el aporte económico, previamente acordado en la Asamblea General de Asociados, para la construcción de una obra de saneamiento.
    - ▲ Pagar el derecho de inscripción vigente aprobado por la Asamblea General.
  - ★ La condición de asociado se pierde por las siguientes causas:
    - ▲ Renuncia voluntaria.
    - ▲ Muerte.
    - ▲ Decisión de la Asamblea General.
    - ▲ Quedarse sin vivienda ubicada en el ámbito territorial de la JASS.

Se puede recuperar la condición de asociado mediante la solicitud de inscripción y evaluación de la Asamblea General. § Manipular la caja de conexión.

- **Aplicar sanciones a los asociados:** Mediante esta función, el Consejo Directivo promueve el cumplimiento de obligaciones y de prohibiciones que todo asociado debe conocer. El Consejo Directivo puede aplicar sanciones a los asociados, mediante la suspensión temporal del servicio en los siguientes casos:

- ★ Estar atrasado en el pago de más de dos cuotas familiares.
- ★ Comercializar o suministrar a otros el agua potable sin autorización.
- ★ Manipular la caja de conexión.
- ★ Hacer derivaciones o conexiones de la tubería de una vivienda a otra.
- ★ Rehabilitar un servicio cerrado sin autorización de la JASS.
- ★ Cometer cualquier acto doloso que de alguna manera, obstruya, interrumpa o destruya tuberías, instalaciones de saneamiento al interior o exterior de la conexión.
- ★ Hacer mal uso del agua potable que signifique el desperdicio del mismo.
- ★ Utilizar el agua potable para usos distintos al doméstico o al autorizado
- ★ Tener la letrina en mal estado.

Puede cerrarse totalmente el servicio en caso de:

- ★ Tener deudas mayores a nueve meses por concepto de pago de la cuota familiar.
- ★ Presentar una solicitud de clausura a la JASS.
- ★ Terminar el contrato de abastecimiento de agua.

- **Contratación de personal:** El contrato de servicios se realiza cuando los miembros de la JASS no pueden ejecutar directamente las actividades de operación, mantenimiento del sistema, facturación o cobranza. Es una función del Consejo Directivo de la JASS reconocida por la ley (SUNASS). Se debe tener en cuenta la capacidad de pago de la JASS al momento de tomar decisiones de contratos de servicios. En el contrato se debe consignar claramente:

- ★ El nombre del contratado.
- ★ Las funciones y actividades que debe realizar.
- ★ El monto de pago.

El monto de pago es propuesto por el Consejo Directivo y debe ser aprobado por la asamblea general.

- **Supervisión de las obras y mejoramiento del servicio:**

- ★ Supervisión de las obras de ampliación y/o mejoramiento del servicio: Se refiere a la vigilancia del trabajo durante la ampliación del sistema y/o mejoramiento del servicio. Es importante contar con un cuaderno de supervisión donde se registrará el resultado de las actividades.
- ★ Supervisión de las instalaciones de conexiones domiciliarias de agua y saneamiento: Es la actividad que permite relacionarnos con los usuarios del sistema y verificar el uso adecuado del lavadero, de la letrina familiar y del pozo de relleno para la basura. Es una oportunidad para sensibilizar al asociado y su familia sobre sus derechos, obligaciones y prohibiciones.

- **Coordinación con diversas instituciones:** El Consejo Directivo de la JASS también tiene la función de coordinar con diversas instituciones tales como:

- ★ Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). Establece las normas y los alcances de la JASS.
- ★ Ministerio de Salud. Brinda asesoría para la desinfección y conservación de los servicios de saneamiento. Es deber del Sector Salud, a través de las Oficinas de Salud Ambiental, prestar la asesoría para la desinfección del sistema y prevención de enfermedades contagiosas ligadas al ambiente.

- ★ Municipalidad y Empresas Municipales de Saneamiento. Es deber de las municipalidades distritales y provinciales apoyar a las JASS para la conservación, mejoramiento y ampliación de los servicios de saneamiento.
- ★ Organismos no Gubernamentales. Es importante establecer convenios de cooperación con los Organismos no Gubernamentales (ONG) existentes en la zona para fines de asesoría, capacitación y, eventualmente, mejoramiento de los servicios de saneamiento.

Conocer el rol de las instituciones con las cuales se podría coordinar alguna actividad conjunta en el futuro, permitirá identificar los aliados que fortalecerán la JASS.

- **Elaboración del informe anual:** El Consejo Directivo tiene el deber de informar a los asociados sobre las actividades, el estado de las cuentas, los logros y las dificultades en la gestión de la JASS. La Asamblea General es el espacio indicado para dar a conocer estas noticias. El informe anual está constituido por los informes económicos mensuales y anuales. Por ello, es importante que el libro de caja, donde se registran ingresos y egresos, se mantenga actualizado permanentemente, y se elabore un informe mensual. Así, resultará mucho más sencillo preparar el informe del año completo.
- **Organización de las campañas de limpieza comunal y otras funciones:** También es función del Consejo Directivo de la JASS promover el cuidado del medio ambiente. Es importante que toda la comunidad participe en campañas de limpieza comunal para evitar la contaminación, y que realice otras funciones asignadas por la Asamblea General.

### DESAFÍOS EN LA PROMOCIÓN DE LA PARTICIPACIÓN EN PROYECTOS DE AGUA Y SANEAMIENTO

A pesar de que en Perú existe una apertura para vincular la participación comunitaria con los proyectos de agua y saneamiento, se debe reconocer que hay limitaciones de tipo legal y cultural, entre otras, que afectan el buen desempeño de esta acción social. En la conferencia electrónica de GARNET enfocada en América Latina, se encontró que existen impedimentos como la falta de un marco legal adecuado para los pequeños municipios y zonas rurales en aspectos de tarifas, estratificación, facturación, cobranza, entre otros. (Restrepo, 2000)[5].

Igualmente, en el proceso de descentralización no es clara la figura del municipio como facilitador, ya que esto implica que deben generarse las condiciones para que las comunidades tengan acceso a recursos, supervisen la gestión municipal, tengan derecho a exigir y a que se cumpla la transparencia de los procesos de contratación, y flujo continuo de información hacia la comunidad.

Se reconoce la necesidad de trabajar con las instituciones del ámbito nacional, regional y local, así como la incorporación de un concepto más amplio de participación, que involucre la toma de decisiones en las diferentes fases de un proyecto, en el reconocimiento de la diversidad cultural y en la autonomía para tomar dichas decisiones.

Así mismo, es necesario desarrollar programas permanentes y continuos de capacitación, en implementación de metodologías participativas y la potenciación de Proyectos de Aprendizaje en Equipo, que involucre la participación comunitaria como alternativa clave para generar desarrollo.



## PARA SABER MAS

- ÁLVAREZ, R. (2011): Dispositivos de tratamiento familiar de aguas residuales en el ámbito rural. Islas de paz
- BARTRAM, J; CORRALES, L; DAVISON, A; DEERE, D; DRURY, D; GORDON, B; HOWARD, G; RINEHOLD, A; STEVENS, M. (2009): Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Organización Mundial de la Salud. Ginebra.
- BAUTISTA, J. (2009): Agua segura: haciendo uso de sistemas unifamiliares y filtros de bioarena. Soluciones Prácticas
- BAUTISTA, J. (2009): Saneamiento responsable. Haciendo uso de baños ecológicos secos. Soluciones Prácticas
- BUN-CA. (2002): Fortalecimiento de la capacidad en Energía Renovable para América Central. Manuales sobre Energía Renovable – Solar Térmica.
- CARE. (2006): Experiencias de planificación estratégica en agua potable y saneamiento rural en municipalidades distritales
- CARE. (2007): Una metodología participativa para diseñar políticas de agua y saneamiento en la región Cajamarca
- CASTRO, R; PÉREZ, R. (2009): Saneamiento rural y salud. Guía para acciones a nivel local.
- CEPYME ARAGON. (2002): Guía de las energías renovables aplicadas a las pymes. CIRCE - Centro de Investigación de Recursos y Energías
- DUFFIE, J; BECKMAN, W. (2006): Solar Engineering of Thermal Processes. WILEY
- GERMAN SOLAR ENERGY SOCIETY. (2010): Planning and Installing Solar Thermal Systems: A Guide for Installers, Architects and Engineers. Routledge
- GORNÉS, Q (2008): Escasez en la Abundancia. La construcción del Derecho al Agua en El Salvador. ESFeres
- INGENIERÍA SIN FRONTERAS. (2001). El agua en nuestras comunidades. Icaria
- LÓPEZ, M.: El acceso al agua como elemento esencial del desarrollo humano social
- MEHTA, L. (2006): Water and human development: capabilities, entitlements and power. IDS
- OPS. (2005): Guías de diseño para letrinas de procesos secos
- OPS. (2005): Guía de diseño de letrina con arrastre hidráulico y letrina de pozo anegado
- OPS. (2005): Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización
- OPS. (2006): Criterios básicos para la implementación de sistemas de agua y saneamiento en los ámbitos rural y de pequeñas ciudades
- PEREDA, P. (2010): Guía de asistencia técnica 17 - Proyecto y Cálculo de Instalaciones Solares Térmicas. Fundación Cultural Coam-Ea
- PEUSER, F; REMMERS, K; SCHNAUSS, M. (2007): Sistemas solares térmicos - diseño e instalación. Promotora general de estudios
- PRSOOPERI, M; MINELLI, C. Confederación de consumidores y usuarios: Energía Solar
- SALUD SIN LÍMITES. Manual de construcción de baño ecológico seco

SANBASUR. (2007): Las municipalidades y el saneamiento básico rural

SIDA. (1999): Saneamiento ecológico

SOLSONA, F; MÉNDEZ, J. (2002). Desinfección del agua. OPS

TILLEY, E; LÜTHI, C; MOREL, A; ZURBRÜGG, C; SCHERTENLEIB, R. Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento

UNWATER. (2008): Año internacional del saneamiento

WSP. (2004): Tecnologías alternativas para la provisión



# Mejoramiento de la Vivienda rural

**Pau Lillo  
María Carrera  
Marta García  
Gerard Valls  
Javier Allanegui  
Benito Ramírez**

La vivienda es el espacio en el que se desarrolla la mayor parte de la vida de las personas, siendo un factor clave para su bienestar. Una vivienda en buenas condiciones proporciona calor de hogar, calidad de vida, buena salud... y es por ello que su mejoramiento puede reportar grandes beneficios a las habitantes de las zonas rurales, los cuales suelen vivir en construcciones precarias y carecen de muchos servicios básicos. Además, mejorar la vivienda supone un estímulo que aumenta la autoestima de cada individuo y familia en general, reduciendo la desigualdad que el poblador rural suele sentir respecto a la población urbana. La construcción de viviendas rurales seguras y saludables, utilizando técnicas apropiadas, contribuirá a mejorar las condiciones de vida de la población que, por lo general, viven en condiciones de pobreza ya que las ofertas de vivienda existentes no se adaptan a las condiciones sociales, culturales y económicas del sector rural.

La estrategia a emplear en el mejoramiento de la vivienda rural debe orientarse a contar con una vivienda saludable, es decir, una vivienda que propicie, por sus condiciones satisfactorias, una mejor salud para sus moradores. Esto implica reducir al máximo los factores de riesgo existentes en su contexto geográfico, económico, social y técnico, a fin de promover una adecuada orientación y control para la ubicación, edificación, habilitación, adaptación, manejo y uso de la vivienda por parte de sus residentes. Para ello, deben tenerse en cuenta factores como el acceso a un entorno habitacional adecuado, la protección contra enfermedades transmisibles, la protección contra traumatismos, intoxicaciones y enfermedades crónicas y, la reducción al mínimo, de los factores de estrés psicológico y social (Santa María, 2008).

Para ello, en este capítulo se presentan algunas alternativas tecnológicas que pueden complementar a las presentadas en capítulos anteriores para lograr el objetivo propuesto. Sin embargo, dada la integralidad del enfoque de vivienda saludable, el factor tecnológico no es sino, una más de las componentes necesarias. Como se viene enfatizando a lo largo de este libro, la tecnología por sí misma no supone el desarrollo de la población, el reto es transformar la realidad de la vivienda rural en todas sus dimensiones, para lo cual será necesario complementar el cambio material del hábitat con un cambio de hábitos, fortalecimiento de capacidades y equidad en las relaciones familiares.

Por tanto, es necesario involucrar a distintos actores, tanto gubernamentales como no gubernamentales, para poder llevar a cabo acciones que permitan desarrollar las estrategias necesarias para contar con una vivienda saludable. En este sentido, será necesaria la promoción de la salud a través de las autoridades sanitarias e instituciones públicas y privadas involucradas en este tipo de proyectos e incidir políticamente para que se establezcan políticas económicas y sociales que permitan diseminar el enfoque y dotar de los recursos necesarios a la población, promover procesos de educación para una vivienda saludable y establecer espacios de participación popular en el proceso de toma de decisiones (*Ibid.*).

## ENFOQUE DE GÉNERO EN EL MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA RURAL

En el seno de las familias rurales, las mujeres desempeñan el rol reproductivo, es decir son ellas las que realizan las tareas de cocina, limpieza, mantenimiento, cuidado de los hijos, etc., lo cual implica que sean ellas quienes más tiempo permanecen en la vivienda en comparación con los hombres. Por tanto, estas responsabilidades del hogar hacen que sean ellas quienes están más expuestas a los problemas y riesgos derivados de unas condiciones de habitabilidad inadecuadas en la vivienda. Estos estudios concluyen que las viviendas rurales encabezadas por mujeres tienden a gozar de mejores condiciones de habitabilidad que los hogares encabezados por hombres.

Por otra parte, se ha demostrado que existen vínculos entre las condiciones de habitabilidad y la violencia de género. De hecho, varios autores han verificado que las malas condiciones de habitabilidad generan privaciones, tensiones, estrés y frustraciones en el hogar, aumentando el riesgo de violencia intrafamiliar (Kajiser 2007:9; Barona y Guzmán 2008a).

Por tanto, el mejoramiento de las viviendas rurales a través del uso de Tecnologías para el Desarrollo Humano es una estrategia eficaz para mejorar las condiciones de vida, especialmente de las mujeres. De hecho, se ve aumentado el tiempo disponible por éstas para llevar a cabo actividades formativas y productivas, así como para participar en los espacios públicos de toma de decisiones, lo cual puede suponer una transformación en las estructuras de poder en el seno de la familia y de la comunidad. Si bien es cierto, la tecnología no es suficiente para que estos cambios sociales tengan lugar, es una herramienta que puede facilitar procesos de este tipo. Así, este tipo de proyectos puede tener un fuerte impacto en términos de género, pudiendo llegar a transformar notablemente la vida de las mujeres, si bien es cierto, la implementación de las tecnologías debe ir acompañada de un proceso de sensibilización y promoción de la equidad de género para, efectivamente, aprovechar su potencial transformador.

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA RURAL

En este apartado se presentan distintos tipos de tecnologías para el desarrollo humano que pueden suponer un salto cualitativo en la calidad de vida de los pobladores rurales más desfavorecidos, a través del mejoramiento de sus viviendas. Si bien es cierto, que a lo largo de los años, el número de tecnologías que se han desarrollado para el mejoramiento de la vivienda es elevado, en este capítulo nos centraremos en cocinas mejoradas, biodigestores y muros Trombe, por su especial adaptación a las zonas andinas más vulnerables.

### 2.1 Cocinas Mejoradas

Tradicionalmente, el método de elaboración de los alimentos de las familias de la sierra sigue siendo mediante el fuego de leña, haciéndolo directamente sobre el suelo, usando tres piedras, o una parrilla como base para apoyar las ollas.

El humo de estas cocinas representa una seria y constante amenaza para la salud de las familias, especialmente de mujeres y niños menores de 14 años, pues son las que más tiempo están expuestos a los gases generados en la combustión, cuyo valor es entre 10 y 20 veces superior a lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Además, se ha de tener en cuenta la excesiva deforestación que se produce en el entorno debido a

la poca eficiencia de este método de cocción, ya que se desaprovecha gran parte del calor por los laterales de las ollas. Sin embargo, un elevado número de hogares en el ámbito rural andino sigue utilizando este tipo de cocina. Según los resultados del XI Censo de población y VI de vivienda 2007 en Perú, se obtiene que cerca de dos millones y medio de hogares siguen alimentando sus cocinas con biomasa.

**Tabla 7: Consumo de Biomasa en el país**

TIPO DE COMBUSTIBLE	Nº DE HOGARES
Leña	2.036.901
Bosta	286,66
Carbón	170,643

Frente a esta realidad, la cocina mejorada es un sistema que garantiza óptimas condiciones de seguridad, salubridad y eficiencia en relación a la cocina tradicional a fuego abierto. En la cocina mejorada no existe contacto directo con el fuego, ya que la combustión de la biomasa se realiza en una cámara de combustión cerrada, la cual se comunica internamente con las hornillas y éstas, a su vez, con la chimenea, por donde se evacúan de manera eficiente las emisiones gaseosas (humos). De esta forma, los humos son expulsados directamente al exterior de la vivienda.

Al implementar este tipo de cocinas se busca conseguir una combustión eficiente produciendo menos emisiones contaminantes y una eficaz transferencia de calor ahorrando lo máximo posible en combustible.

**Fotografía 30: Cocina tradicional**



**Fotografía 31: Cocina Mejorada certificada**



Con este tipo de cocina se obtienen numerosas ventajas con respecto a la cocina tradicional a fuego abierto como:

- Se reducen las emisiones de humo al interior de la vivienda, ya que cuenta con un recinto cerrado para la combustión y una chimenea para la evacuación de los gases.
- Se reduce el consumo de combustible (biomasa), lo cual implica menor índice de deforestación.
- Se produce un mayor aprovechamiento del calor generado debido a que contamos con la cámara de combustión y a que los gases generados que circulan por el interior de la cocina están en contacto directo con las ollas.
- Se obtienen mejores condiciones de seguridad en el uso de la cocina, ya que no hay contacto directo con el fuego.

- Es fácil de manejar y no se apaga con facilidad durante su uso.
- La persona que cocina se encuentra de pie en una posición cómoda, no tiene que estar siempre agachada para acceder a las ollas, como sucede en el caso de la cocina tradicional.
- La cocción de los alimentos es más rápida, de este modo, la mujer, que generalmente suele ser la persona encargada de este trabajo, puede disponer de más tiempo para dedicarse a otro tipo de actividades.

Como medida para regular la implantación de las cocinas mejoradas, así como la eficiencia, consumo de combustible y emisiones generadas, en el Perú se creó un organismo técnico encargado de su certificación. Este organismo certificador de cocinas mejoradas es SENCICO (Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción). Para poder obtener dicha certificación, cada institución u organismo que lo requiera, primeramente deberá construir su prototipo/modelo en el laboratorio de ensayos de SENCICO en Lima. Allí se analizan y estudian tanto el comportamiento de los materiales empleados como el consumo de leña, la seguridad de la cocina y las emisiones de monóxido de carbono (CO) y de material particulado (PM2.5).



### INSTALACIÓN TÍPICA

En la sierra altoandina, donde el combustible empleado mayoritariamente es la leña, la cocina más eficiente en términos de ahorro de combustible, consiguiendo una reducción del consumo de leña del 71%, es el modelo **Inkawasi de tres hornillas**. Además, según la certificación de SENCICO, obtenemos una reducción de emisión de monóxido de carbono (CO) del 98.71 % y de emisión del material particulado (PM2.5) del 92.97 %, así como un porcentaje de seguridad de la cocina del 87.5 %. Es por esa razón que en el presente capítulo nos centraremos en la descripción de este modelo de cocina de mejorada, ya que hasta la fecha es considerada como la más adecuada en el ámbito rural andino.

#### Fotografía 32: Cocina Inkawasi 3 hornillas



De manera general, esta cocina mejorada consta de cuatro componentes:

- En primer lugar, y como componente principal, se halla la cámara de combustión, donde se realiza la ignición de la leña.
- En segundo lugar, encontramos una superficie plana de concreto donde se ubican las tres hornillas, llamada loza o fogón.
- En tercer lugar está la estructura de la cocina, donde se alojan los dos componentes anteriores, la cual puede construirse de distintos materiales como adobe, ladrillo o concreto.
- En cuarto y último lugar, se cuenta con el sistema de evacuación de humos, la chimenea.

#### CÁMARA DE COMBUSTIÓN

En el interior de la cámara de combustión es donde tiene lugar la ignición de la leña. Esta cámara tiene forma de codo de sección cuadrada y está construida con ladrillo pandereta, el cual mantiene muy bien la temperatura en su interior. En la parte frontal de la cocina, se encuentra la entrada horizontal por donde se introduce la leña en la cámara. Para una mejor combustión, en la base de esta abertura se coloca una rejilla de hierro, facilitando la entrada del oxígeno de una manera más homogénea.

En la parte superior de la cámara de combustión se halla la salida por donde circula el humo a través de las hornillas, el cual calentará las ollas y posteriormente será desalojado por la chimenea.

**Fotografía 34: Construcción de la cámara de combustión**

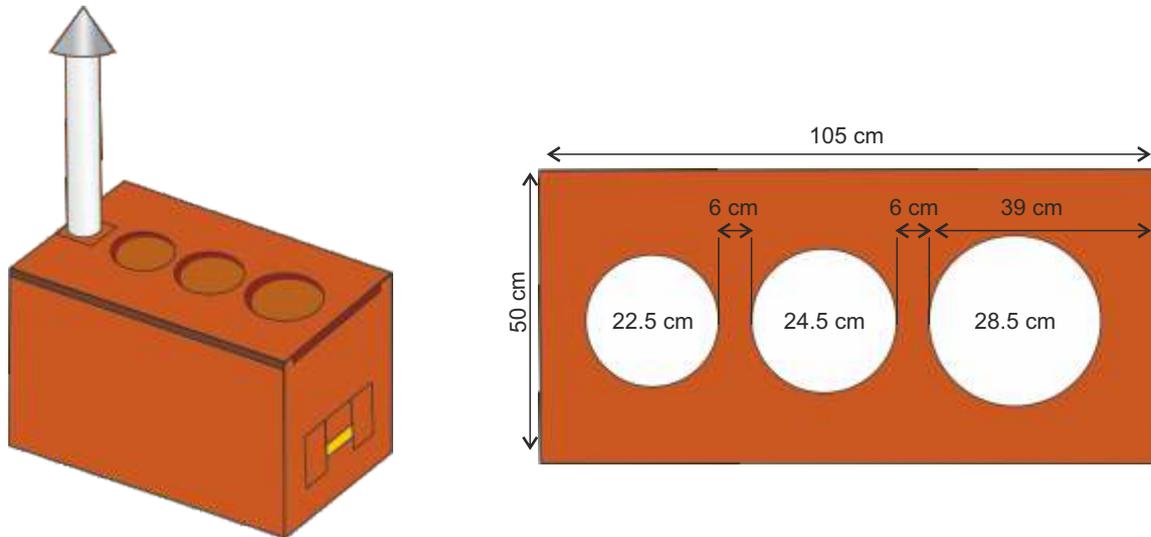


### FOGÓN O LOZA

Se trata de la superficie plana de concreto reforzada con varillas de hierro donde se ubican las tres hornillas, es decir, agujeros de distintos diámetros donde se ubican las ollas para poder cocinar. Las dimensiones de la loza son las siguientes:

**105 cm de largo x 50 cm de ancho x 3 cm de espesor.**

**Ilustración 49: Dimensiones del fogón o loza**

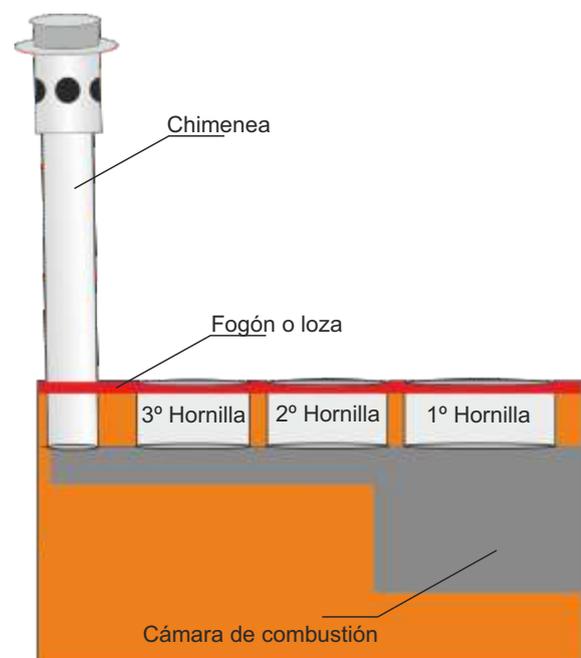


Los diámetros de los agujeros del fogón para este modelo vienen ya determinados. Se han elegido estos tamaños de ollas ya que son estándares y fáciles de encontrar.

La primera hornilla (28.5 cm) está colocada directamente sobre la cámara de combustión por lo que el fuego incide directamente sobre ella. La segunda hornilla (24.5 cm) se calienta por medio de los gases de combustión y de una pequeña parte del fuego que le llega debido a la succión que realiza la chimenea. Por último, la tercera hornilla (22.5 cm) se calienta únicamente a través de los gases de la combustión.

Las bases de las hornillas están preparadas para que las ollas queden parcialmente sumergidas en la estructura de la cocina, incrementándose el área de transferencia del calor. El diámetro inferior de las hornillas es 5 cm mayor que el superior (calado) y consta de unos hierros donde se apoyan las ollas, con lo que se consigue una mejor circulación de los gases a su alrededor, aprovechando el calor residual de la combustión.

**Ilustración 50: Corte longitudinal de la cocina Inkawasi de 3 hornillas**



### ESTRUCTURA DE LA COCINA

La estructura de la cocina cuenta con una base de 20 cm de altura donde se apoyan el resto de componentes. Tanto la estructura como la base se pueden construir de diferentes materiales de albañilería que se encuentren en la zona: adobe, ladrillo o concreto. En el caso de la base también puede construirse con piedras y barro.

Las dimensiones de la cocina son las siguientes:

**70 cm de ancho, 150 cm de largo y 80 cm de altura**

**Fotografía 34: Base de la cocina**



**Fotografía 35: Estructura de la cocina**



### CHIMENEA

La chimenea consta de tres elementos: un tubo, un acople para la base y un gorro o capucha, los cuales conforman el sistema de evacuación de humos. El material de todos ellos es de plancha galvanizada de 0.55 mm de espesor.

**Fotografía 36: Base recubierta de la chimenea**



El tubo tiene 12 cm de diámetro y debe elevarse unos 50 cm sobre el techo de la vivienda. Debido a las elevadas temperaturas que alcanza el tubo durante el funcionamiento del sistema, y como medida de seguridad ante posibles quemaduras, la parte inferior de éste, hasta los 50 cm, se encuentra recubierta de barro o adobe. De la misma forma se recubrirá el techo de la vivienda si éste está construido de paja o madera.

En el caso del gorro o capucha contamos con un elemento extraíble, para poder proceder a una fácil limpieza de la chimenea, y móvil, es decir, se puede ajustar la altura para una mejor evacuación de los gases en función de las condiciones atmosféricas. Normalmente, el gorro se encuentra a una altura de 5 cm, pero se puede subir, en el caso de que no haya viento, o bajar, si lo hubiese, aproximadamente 1 cm.

**Fotografía 37: Gorro o capucha**



### **OPCIONES TÉCNICAS**

Existen diversos modelos de cocinas mejoradas certificadas, pero la característica más importante por la que éstas se diferencian es el diseño de la cámara de combustión. El diseño del resto de elementos se asemeja bastante, variando tan solo en cuanto a tamaño y materiales con los que están contruidos. Seguidamente se describen algunos de los modelos que pueden seleccionarse como alternativa al modelo Inkawasi de tres hornillas.

#### **Cocina portátil**

Este modelo de cocina consta de una cámara de combustión en forma de codo de sección cuadrada, con dos entradas a la misma en la parte frontal. La abertura superior de la cámara de combustión es el lugar por donde se introducirá la leña mientras que la inferior sirve como aporte del oxígeno necesario en la cámara. Por otro lado, se obtiene una mayor durabilidad al no contar con la rejilla en la base de la cámara de combustión, ya que ésta se deteriora con el uso.

Como podemos observar en la foto 38, la loza es de hierro fundido con dos hornillas y la chimenea es de tubo metálico con capucha.

La principal ventaja de esta cocina es que se compra ya fabricada, por lo que tan sólo hay que colocarla donde sea necesario, además de que se puede cambiar fácilmente de ubicación. No obstante, su desventaja principal es el precio, ya que en el caso de cocinas contruidas con materiales y mano de obra locales, los costes totales son inferiores.

**Fotografía 38: Modelo Cocina Portátil**

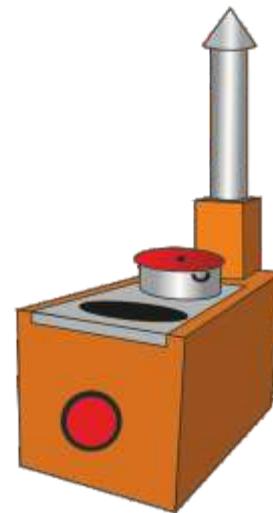


### Waykunawasi Yachachiq 02

El diseño de esta cocina está formado por una cámara de combustión revestida con barro mejorado (hecho a base de barro, yeso y vidrio molido) en forma de Y, lo cual indica que la cámara de combustión tiene dos salidas, una a cada hornilla. Con esto se consigue que, tanto el fuego generado en la combustión, como los gases, incidan directamente sobre ambas hornillas, con lo que se consigue que se calienten mucho más rápido las ollas. En la parte frontal se dispone de una única abertura de la cámara de combustión, de sección circular.

Su estructura es de ladrillo, y cuenta con un fogón de concreto reforzado con varillas de hierro corrugado donde se alojan las 2 hornillas. La chimenea, de hierro galvanizado, consta de dos elementos: un tubo y un gorro de protección. El tubo de la chimenea está recubierto inferiormente con ladrillos para evitar posibles accidentes por quemaduras. Además, se le ha instalado una manija de control para la salida de humos de la chimenea y el control del calor, lo cual es una ventaja a la hora de mantener la cocina a una temperatura constante.

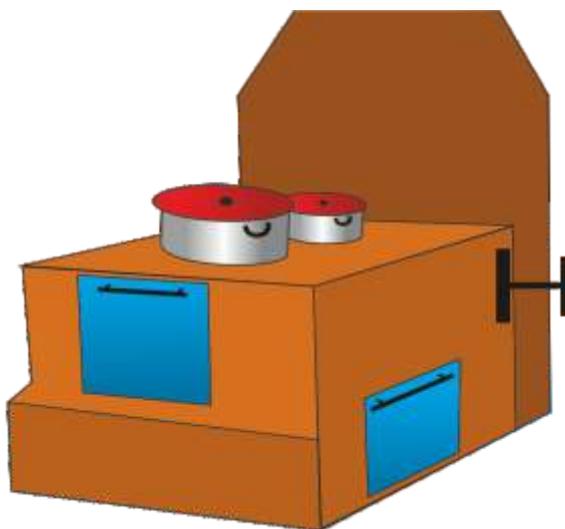
**Ilustración 51: Modelo Waykunawasi Yachachiq 02**



### Sumaq Mikhuy

Este diseño de cocina cuenta con una cámara de combustión rectangular construida en adobe recubierto de varias capas de material aislante en la base (una primera capa de vidrio molido, una segunda capa de arena fina y otra de sal, para finalizar con un revoque de barro mejorado). En su interior incluye una inclinación ascendente del suelo al fondo de la cámara de combustión, cuya función es facilitar la evacuación de los gases por la chimenea. En la parte frontal de la cocina, se encuentra la abertura que servirá como entrada para la leña, la cual en su base tiene una parrilla para la colocación de la misma. Esta parrilla comunica la cámara de combustión con una abertura inferior localizada en la cara lateral derecha cuyo objetivo es facilitar la salida y evacuación de la ceniza. Al final de la cámara de combustión, donde ésta conecta con la chimenea, se ha colocado una manija con la función de controlar la salida de humos y, por lo tanto, el calor residual que se mantiene en la cocina.

**Ilustración 52: Modelo Waykunawasi Yachachiq 02**



Su estructura es de adobe y cuenta con un fogón donde se alojan las dos hornillas, el cual está construido con adobes apoyados sobre unas varillas de hierro. En este caso la chimenea va por el interior del muro de la vivienda, por lo que se debe reforzar, tanto interior, como exteriormente, con malla de alambre y clavos.

La desventaja de este modelo es que no es tan eficiente en cuanto a la reducción del consumo de leña, debido a que la sección de la cámara de combustión es más grande y, por tanto, los gases se dispersan por ella y no se concentran en las bases de las ollas.

A continuación se muestra un cuadro comparativo de los distintos modelos de cocinas mejoradas expuestos:

**Tabla 8: Reducciones Comparativas por modelo de cocina**

MODELO	MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	EMISION DE MATERIAL PARTICULADO 2.5 (PM)	CONSUMO DE LEÑA
INKAWASI 3 HORNILLAS	98,71%	92,97%	71%
COCINA PORTÁTIL	98,93%	98,65%	66%
WAYKUNAWASI YACHACHIQ 02	99,08%	98,83%	-
SUMAQ MIKHUY	99%	98,65%	-



### RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA

Estos sistemas no precisan de un mantenimiento complicado, pero sí ha de ser continuado. De esta forma se evitarán posibles accidentes así como la pérdida de eficiencia de los mismos.

Para un buen uso de la cocina mejorada se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La leña a utilizar debe estar cortada y seca, para que la combustión sea buena y se generen menos humos. Por tanto, se debe almacenar en un lugar seco y protegido de la humedad y la lluvia.
- Antes de proceder al encendido de la cocina se ha de retirar la ceniza de la cámara de combustión, llevando especial cuidado con las ascuas que puedan quedar en ella.
- Siempre que se use la cocina deberá estar colocada la rejilla en la base de la cámara de combustión, de esta forma se mejora la combustión debido a la oxigenación del fuego.
- Durante el uso de la cocina, es imprescindible tapar correctamente las hornillas que no estén siendo utilizadas, así se evitará que los gases de combustión se dispersen por la habitación. En el caso de utilizar una olla cuyo diámetro sea menor al diámetro de la hornilla, colocaremos un anillo metálico a su alrededor para evitar holguras por donde pueda escapar el humo.

También se ha de realizar un mantenimiento continuado de la cocina, de esta forma se consigue un correcto funcionamiento, seguro y sin pérdidas de eficiencia:

- Con respecto a la chimenea, se debe asegurar que no se ha producido ningún deterioro en el aislamiento inferior, tales como grietas o fracturas en los adobes, así como en la fijación de la misma.
- La limpieza de la chimenea se ha de llevar a cabo cada dos semanas. Para proceder a ello, la persona que realice esta tarea tendrá que subirse al tejado de la casa y quitar la capucha o gorro para poder acceder al interior del tubo, después descolgará y subirá repetidas veces un peso rodeado con un trapo o franela, finalmente, se retirará el hollín que haya caído a la base del conducto de salida de gases.
- La ubicación de la capucha protectora móvil depende del viento, por lo que hay que revisar su posición en función del mismo.
- Después de cada uso de la cocina se ha de limpiar la loza y las hornillas, pasando un trapo, franela o papel por su interior, donde está el calado.
- Deben taparse las grietas que se hayan producido en la superficie de la cocina, ya que éstas empeoran la eficiencia de la misma.

## 2.2 Biodigestores tubulares unifamiliares a más de 2.000 m.s.n.m.

Un biodigestor es un sistema que aprovecha la digestión anaeróbica, es decir en ausencia de oxígeno, de las bacterias que habitan en el estiércol, para transformar éste en biogás y fertilizante. El estiércol de ganado vacuno, como otros tipos de estiércoles, tiene usos fertilizantes como abono orgánico en la agricultura desde la antigüedad. Además, los usos energéticos del estiércol están asociados también a distintas culturas. El caso más claro es el uso de bosta (estiércol seco) como combustible en las cocinas de muchas familias. Por lo tanto, podemos afirmar que el estiércol posee ambas cualidades: potencial fertilizante y energético. Ante esta situación, una tecnología que permita el aprovechamiento de ambas potencialidades es de gran utilidad.

El biogás puede ser empleado como combustible en la cocción de alimentos o para calefacción y, en grandes instalaciones, con producciones mayores de 2 m<sup>3</sup>/día de biogás, se puede pensar en utilizarlo para la generación de electricidad en pequeños grupos electrógenos. En biodigestores tubulares unifamiliares a más de 2.000 m.s.n.m. se puede llegar a producir entre 1 y 2 m<sup>3</sup> de biogás diariamente, lo que significa una duración de entre 3 y 4 horas de cocción de alimentos por día.

El fertilizante, llamado biol, provee a las familias de un abono orgánico que mejora fuertemente el rendimiento de las cosechas. El biol debe ser aplicado sobre la base del tallo de las plantas (en la raíz) o de forma foliar a los cultivos con una regadera, una vez por semana. Para ello, la producción diaria (80 litros en este tipo biodigestores) se debe ir almacenando en una pequeña laguna, aunque nunca durante más de una semana para evitar la pérdida de nutrientes, para ser aplicado a los cultivos cuando estos lo necesiten y en las dosis que lo requieran. Cabe remarcar que, en el caso de productos para el consumo humano, solo se aconseja el uso de este fertilizante sobre aquellos que serán cocinados, no en hortalizas de consumo directo.

**Fotografía 39: Cocina quemando biogas**



**Fotografía 40: Aplicación de biol foliar a cultivos**



El diseño de un biodigestor depende directamente de varios parámetros, principalmente de la temperatura ambiente media del lugar donde se vaya a instalar. La temperatura marcará la actividad de las bacterias que digieren el estiércol. Cuanto menor sea la temperatura, menor actividad tendrán éstas y, por tanto, será necesario que el estiércol esté más tiempo en el interior del biodigestor. De esta forma, la temperatura marca el tiempo de retención.

En este sentido, las regiones tropicales son las mejores para el funcionamiento de un biodigestor, siendo en estas zonas donde existe una mayor difusión de esta tecnología. Esto es debido a la mayor temperatura ambiente, lo que implica menor tiempo de retención, que influye directamente en el tamaño del biodigestor y, por tanto, en los costes.

Sin embargo, en el caso de la sierra andina, en regiones con noches de helada es necesario que el biodigestor esté protegido por un invernadero, recubierto de paja en la parte inferior y situado entre dos paredes laterales para mantener una mayor temperatura media de funcionamiento. Este hecho, caracteriza el diseño de los biodigestores descritos en este capítulo e incrementa en gran medida los costes de los mismos. No obstante, debido a las características de gran parte de la población rural altoandina, tanto a sus necesidades como a sus recursos disponibles, esta tecnología resulta muy adecuada y dispone de un gran potencial como elemento generador de cambio en las condiciones de vida de las familias campesinas.

### Requisitos que deben cumplir los usuarios para adoptar esta tecnología

Los biodigestores familiares propuestos están dirigidos a familias rurales que dispongan de los recursos suficientes para alimentar el biodigestor diariamente con 20 kg de estiércol y 60 litros de agua. Para poder recoger 20 kg de estiércol al día es imprescindible disponer de al menos 2 cabezas de ganado superior (vacuno), debiendo tenerse en cuenta que, en el caso de ganado pastoreado, la cantidad de estiércol que se puede recoger corresponde solo al 25% de la producción del mismo. Por tanto, en este caso, se requiere de un mayor número de cabezas de ganado.

El acceso al agua suele dar más problemas, ya que no todas las familias tienen disposición de agua a lo largo de todo el año. En regiones donde falta agua durante uno o dos meses no hay problema, ya que en estas épocas de escasez se puede usar el fertilizante líquido de salida como "agua" de mezcla con el estiércol fresco. Se debe recordar en este punto que se puede sustituir parte del agua por el suero de la leche, disminuyendo así las necesidades de agua.

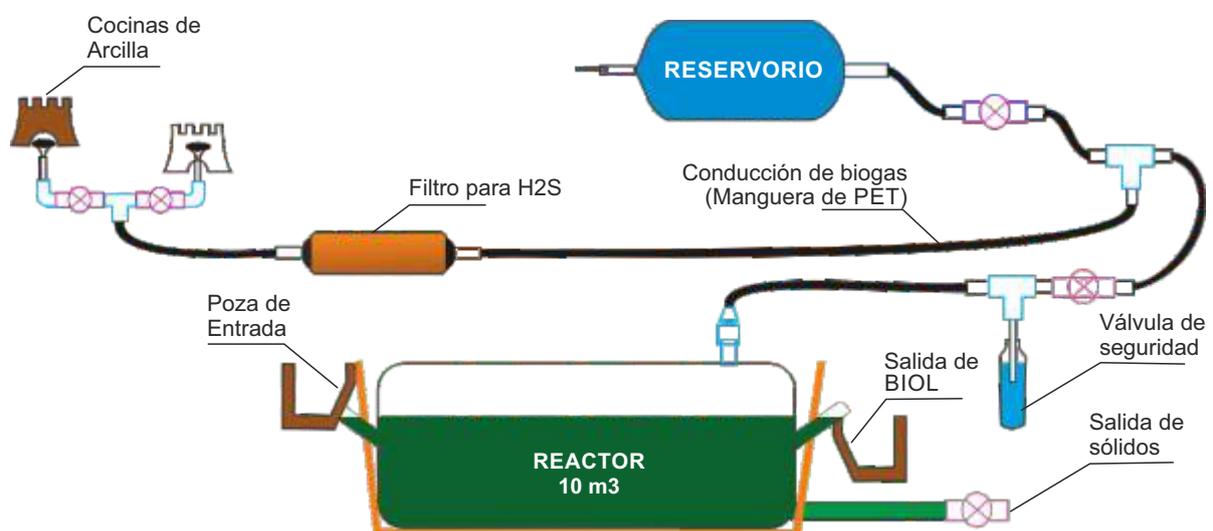
Debe tenerse en cuenta que solo tiene sentido considerar esta opción tecnológica cuando se van a aprovechar ambos productos, biogás y biol. En caso de tener intención de usar solo el biogás o el biol, deben considerarse otras alternativas de mayor simplicidad y reducido costo.

La familia prototipo "ideal" en estos casos es la pequeña productora de leche. Familias con tres o cuatro cabezas de ganado lechero que, aun siendo pastoreadas durante el día, duermen cerca de la casa. Esto es importante para que la recogida de estiércol sea fácil. Estas familias muchas veces, además, cultivan alfalfa para alimentar a sus ganados y el fertilizante producido da muy buenos resultados con este cultivo en particular. Además suelen tener acceso al agua a lo largo de casi todo el año y pueden aprovechar el suero de la leche para sustituir parte del agua y aumentar el rendimiento del sistema.



### INSTALACIÓN TÍPICA DE UN BIODIGESTOR

Ilustración 53: Esquema general de un biodigestor tubular unifamiliar



## REACTOR

Es el elemento principal del sistema. Se trata de una estructura tubular de geomembrana de PVC, con un volumen total de diez metros cúbicos (10 m<sup>3</sup>). Como se puede ver en la ilustración 54, el 75% de volumen contiene la mezcla de agua y estiércol y el 25 % restante contiene el biogás generado por el proceso de digestión anaeróbica.

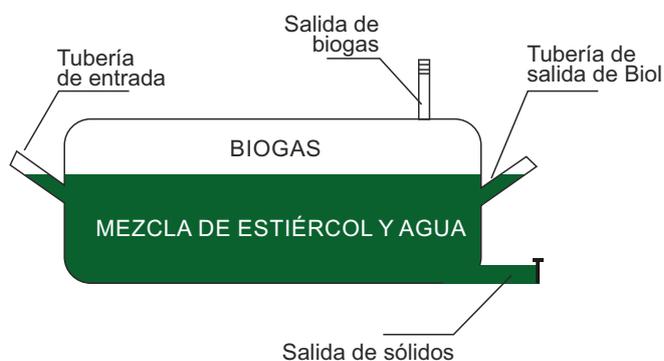
El reactor dispone de cuatro tuberías para gestionar la entrada y salida de los productos:

- Una tubería conectada a la poza de entrada, donde se realiza la mezcla. Una tubería conectada a la poza de salida, donde se almacena el biol.
- Una tubería de salida de sólidos, que facilitará la limpieza del biodigestor cada 18 meses.
- Una tubería de salida para el biogás.

**Fotografía 41: Reactor de geomembrana en proceso de instalación**



**Ilustración 54: Esquema del reactor**



**Fotografía 42: Poza de entrada con rejilla**



## POZA DE ENTRADA

A la entrada del biodigestor será necesario construir una pequeña poza donde poder verter la mezcla de estiércol y agua. Esta poza estará conectada a la tubería de entrada del reactor, permitiendo el ingreso de la mezcla, no sin antes ser filtrada gracias a una rejilla que impide el paso de material sólido que puede haber en el estiércol.



### POZA DE SALIDA

Es el componente que permite recibir y almacenar el biol que se obtiene diariamente a la salida del biodigestor. Para evitar filtraciones, debe estar revestida completamente con cemento.

Fotografía 43: Poza de salida de un biodigestor



Fotografía 44: Colocación del techo invernadero sobre la estructura metálica en forma de cúpula



### TECHO INVERNADERO

Es la cubierta superior que se le pone al biodigestor, la función del cual es mantener una temperatura adecuada en el interior para que las bacterias que habitan en el interior del reactor tengan un ambiente adecuado para funcionar, además de protegerlo de posibles daños causados por personas, animales, lluvia, etc. Se trata de un toldo de plástico especial para invernadero colocado sobre una estructura metálica en forma de cúpula cubierta.

### VÁLVULA DE SEGURIDAD

Es el elemento que regula la presión de biogás en el interior del reactor y del reservorio, dejando escapar parte del mismo cuando la presión es excesiva, protegiendo a estos dos componentes frente al riesgo de ruptura. Se trata de una botella plástica transparente donde se introduce la tubería de salida del biogás a una profundidad de entre 7 y 9 cm. Complementariamente, este componente puede recoger el agua que se condensa en el interior de la tubería de conducción de biogás..

Fotografía 45: Válvula de seguridad dejando escapar el biogás debido a una presión excesiva



### **PAREDES LATERALES**

Conjuntamente con el techo invernadero, ayudan a mantener una temperatura adecuada de trabajo del reactor. Pueden ser construidas de adobe, ladrillos o tapial.

### **TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE BIOGÁS**

Se trata de una manguera de PET que se encarga de llevar el biogás desde el reactor hacia el reservorio, pasando por la válvula de seguridad, y luego hacia la cocina.

### **RESERVORIO**

Es el lugar donde se almacena el biogás cuando las cocinas no están en funcionamiento. Puede estar construido de plástico simple o de geomembrana de PVC y tiene una capacidad de 3 a 5 m<sup>3</sup>. Este elemento permite aumentar la presión, proporcionando mayor capacidad de cocinado cuando la cantidad de gas almacenado en el reservorio es reducida. Así, si se ha estado consumiendo mucho biogás y la llama pierde fuerza en la cocina, se puede amarrar una faja (normalmente jebe de neumático) alrededor del reservorio colgado. Tirando de ésta aumentará la presión del biogás de su interior, de manera que éste saldrá con más fuerza por la cocina.

**Fotografía 46: Reservorio de plástico simple**



**Fotografía 47: Cocina de biogas formada por 2 hornillas de arcilla**



### **COCINA**

Se trata de simples hornillas o quemadores conectados a la manguera de conducción del biogás. Estas cocinas están controladas por llaves de paso que permiten o impiden el paso del biogás según se necesite.

### FILTRO PARA ÁCIDO SULFHÍDRICO (H<sub>2</sub>S)

Consiste en un tubo de 30 cm de longitud conectado a la manguera de conducción de biogás por medio de 2 uniones universales, el cual contiene virutas de hierro que se oxidan al paso del biogás reteniendo el H<sub>2</sub>S. Su función es purificar el biogás, ayudando a que el ácido sulfhídrico quede atrapado en el filtro antes de llegar a los quemadores y no cause problemas en el sistema (como corrosión), malos olores y, en casos extremos, algún problema de salud a los que utilizan la cocina.



### OPCIONES TÉCNICAS

Existen algunas alternativas constructivas que pueden ser consideradas en la instalación de biodigestores de este tipo. En particular, encontramos alternativas en los siguientes componentes:

#### Reactor

El reactor puede también ser construido manualmente de polietileno, amarrándose por sus extremos a tuberías de conducción de 6" aproximadamente con tiras de jebe recicladas de las ruedas de automóvil. Normalmente, este plástico se usa para carpas solares y, de igual manera, se vende en su forma tubular. Para su uso se corta en uno de sus pliegues y se abre la manga de plástico para convertirla en una sábana del doble de ancho que el ancho de rollo. Para la construcción de biodigestores tubulares, es la forma del plástico, la que permite hacer una cámara hermética si es que amarramos ambos extremos de la manga.

Este tipo de reactores tiene la ventaja de su reducido costo frente a la geomembrana descrita anteriormente. Sin embargo, la vida útil del polietileno es mucho menor, además de ser más vulnerable a pinchazos o rasgaduras.

Fotografía 48: Geomembrana



Fotografía 49: Techo Invernadero



#### TECHO INVERNADERO

En cuanto al techo invernadero, éste puede ser construido a un agua, reduciéndose el coste de componente y simplificando el proceso constructivo. No obstante, la capacidad de captación de calor puede ser menor respecto a la tipología propuesta anteriormente.

En el hemisferio sur, la inclinación del techo debe estar orientada al norte para maximizar la captación de la radiación solar y la temperatura del reactor.



## RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UN BIODIGESTOR

El biodigestor debe alimentarse diariamente con una mezcla de 20 Kg de estiércol fresco y 60 litros de agua. Para ello, deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se recogerá estiércol fresco, extrayendo las pajas o piedras que se encuentren en él.
- Se debe esperar 7 días tras la vacunación de los animales para poder utilizar su estiércol.
- El agua empleada para realizar la mezcla no debe contener cloro, es decir, no debe ser agua potable. En caso que se quiera utilizar este tipo de agua, deberá dejarse reposar ésta en baldes durante un día antes de su uso.
- La carga diaria debe realizarse de preferencia al medio día para evitar que la mezcla ingrese muy fría al biodigestor. En tiempo de heladas se deberá calentar el agua que se usará en la mezcla exponiéndola al sol durante toda la mañana.
- El biol debe ser utilizado antes de una semana de obtenido, después de este tiempo perderá algunos nutrientes para las plantas.

Para cocinar, simplemente se debe abrir la válvula y prender la hornilla con encendedor o fósforos. Cuando se acaba de cocinar, hay que cerrar la válvula para que deje de salir el biogás. El biol es recogido una vez que se ha realizado la carga diaria. Se debe ir almacenando en una pequeña laguna durante no más de una semana para que no pierda sus propiedades fertilizantes.

Para un adecuado mantenimiento del biodigestor se deberán tener en cuenta las siguientes indicaciones:

- Revisar periódicamente que el techo invernadero este bien cerrado, para evitar el ingreso del frío o de cualquier animal.
- Revisar semanalmente el nivel de agua de la botella de la válvula de seguridad. Si éste fuese demasiado bajo se deberá proceder al llenado de la misma hasta el nivel establecido.
- Asegurarse que la manguera de conducción del biogás no se encuentre doblada o formando curvas con partes bajas (en forma de U).
- Revisar que no haya roedores en la zona del reservorio ni en el biodigestor.
- Cambiar el filtro de hierro cada mes.

Además, se recomienda el vaciado completo del biodigestor cada 18 meses para eliminar los sedimentos que puedan reducir el volumen útil y aumentar el riesgo de rotura de la geomembrana.

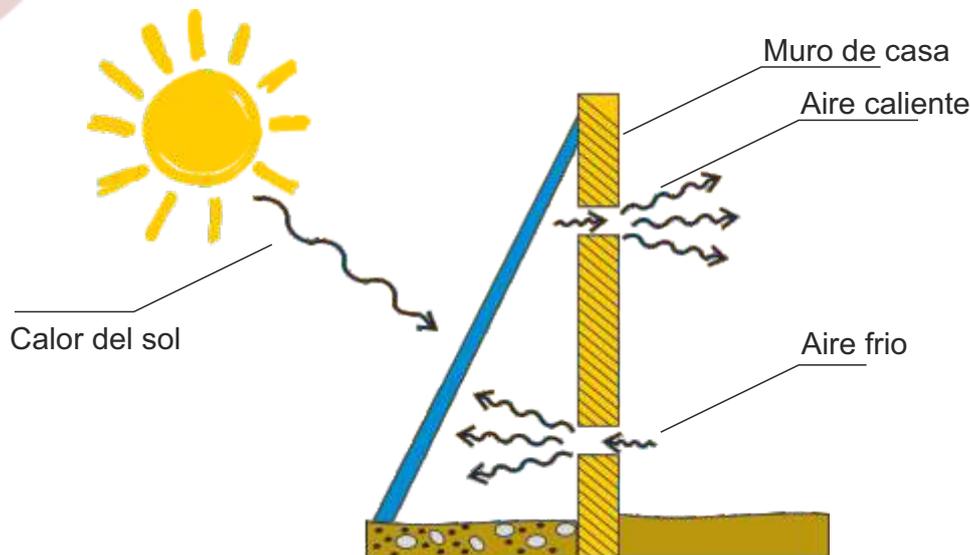
## 2.3 Muros Trombe

Un muro Trombe es un sistema que capta la energía solar para luego utilizarla en el calentamiento interno de las viviendas. Consiste en crear un volumen de aire caliente colocando láminas de vidrio o plástico entre el ambiente exterior y una pared (adobe, ladrillo, hormigón) que está pintada de negro en su parte exterior, la cual tiene orificios en la parte superior e inferior, provocando el intercambio de flujos de aire entre el interior del sistema y la estancia que se desea calentar.

Durante el día, el aire que está entre la pared y la superficie de captación, se calienta y se eleva hasta la parte alta del muro Trombe, ingresando a la habitación por los orificios superiores de la pared. El aire frío de la habitación ingresa al muro Trombe por los orificios inferiores, donde se calienta por efecto de la radiación solar y vuelve a ingresar a la habitación por los orificios superiores (ver ilustración 55). Es necesario tener en cuenta que este proceso se invierte en las noches y, por esta razón, los orificios deben de ser cerrados al caer la noche, cuando la temperatura del interior de nuestro sistema es inferior a la temperatura exterior.

La pared debe estar pintada de un color oscuro (preferentemente negro mate) para que absorba la mayor cantidad de radiación solar posible.

**Ilustración 55: Flujo de aire debido al efecto de la radiación solar**



### **INSTALACIÓN TÍPICA DE UN MURO TROMBE INCLINADO CON PLÁSTICO DE INVERNADERO**

Bajo el mismo principio de funcionamiento que los modelos anteriormente citados, este diseño, con unos 65 o 70 grados de inclinación y construido con plástico de invernadero translúcido es, sin duda, la mejor opción para países con latitudes cercanas al ecuador e incluso para otras latitudes en las que el sol radie con inclinaciones cercanas a 90°.

Su construcción en plástico, en vez de con vidrio, hace mucho más viable su transporte, instalación y reparación y mucho más asequible su adquisición, ya que el vidrio puede suponer un costo excesivo para los beneficiarios, al tener que cubrir una superficie considerable. De este modo, este es el modelo elegido para el uso en las comunidades altoandinas de Perú y la gran mayoría de países de Latinoamérica.

Se han diferenciado tres fases principales en el proceso de instalación de Muro Trombe: cerramiento de infiltraciones, instalación del Trombe y aislamiento interno de la habitación de destino.

- La primera actuación que se recomienda es la reducción de pérdidas térmicas por hiperventilación. En primer lugar, habría que eliminar las rendijas o pequeños huecos que pueda haber en la habitación por donde pueda infiltrarse el aire del exterior, bien sea sellando con una mezcla de barro y paja los huecos visibles, o colocando burletes para mejorar el cierre de los marcos de ventanas y puertas.
- La segunda actuación pasa por el incremento del calor en el interior. Es decir, permitir que el Muro Trombe entre en funcionamiento y, progresivamente, aumente la temperatura en el interior de la vivienda.
- Finalmente, el incremento de aislamiento solo tiene sentido una vez la temperatura del interior es sensiblemente superior a la exterior, gracias al aporte de ganancias solares o internas.

### **PROCESO DE INSTALACIÓN**

Para escoger cuál es la pared sobre la que será instalado el muro Trombe, se debe tener en cuenta que la orientación Norte o Noroeste es la que maximiza el rendimiento de esta tecnología a lo largo del año para la zona andina. Además, se debe prestar atención a la sombra que produce el techo de la vivienda sobre el

Trombe, asegurándonos que sea la mínima posible. Otro factor clave en el diseño, es la inclinación con la que radia el sol, en nuestro caso unos 80 grados, de modo que se ha tenido que realizar un diseño inclinado para optimizar la captación solar.

Realizaremos unos orificios circulares en la pared donde se instalará el muro Trombe, tanto en la parte inferior como superior, donde botellas descartables de 3L, que son de fácil recambio, harán la función de tapas, por lo que las medidas de los huecos se ajustarán al diámetro de éstas.

En segundo lugar, se debe construir un pequeño cimiento, de unos 30 centímetros de altura, con piedras, adobe y barro. Este cimiento nos servirá para apoyar el armazón de madera, además de para evitar, en cierta medida, la entrada de agua y, en consecuencia, la integración de humedad en los flujos de aire.

Seguidamente, debemos limpiar el muro que hemos elegido para que esté lo más libre posible de impurezas, ya que si tenemos que enyesarlo o pintarlo, asegurará un mejor agarre. Una vez que tenemos el muro en las condiciones necesarias, procederemos a enyesarlo y pintarlo de color negro.

**Fotografía 50: Muro de apoyo**



**Fotografía 51: Enyesado de la pared**

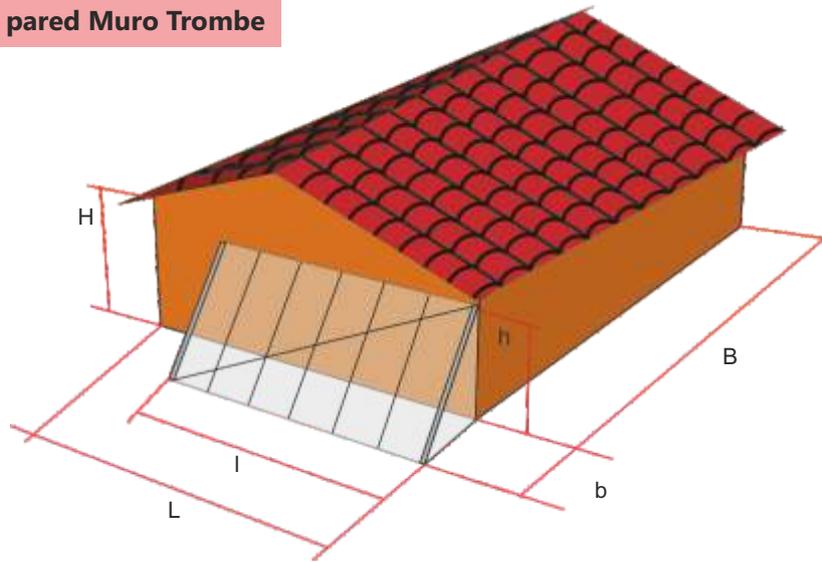


**Fotografía 52: Pintado de negro**



**Ilustración 56: Dimensiones del muro Trombe**

**H x L = Área de la habitación**  
**h x l = Área pared Muro Trombe**



**Tabla 9: Área de la pared vertical del Muro Trombe**

Área habitación (m <sup>2</sup> )	Área de la pared vertical del Muro Trombe (m <sup>2</sup> )		
	Lugares Templados	Lugares Fríos	Lugares muy Fríos
9 a 11	5	7	8,5
12 a 14	6,5	9	11
15 a 17	8	11	13,5
18 a 20	9,6	13,5	16,5
21 a 23	11	15,5	19

**Fotografía 53: Armazón del muro Trombe**

Posteriormente, rellenaremos el fondo con piedras, que ayudarán a almacenar calor, consiguiendo que el muro pueda seguir siendo productivo cuando el sol ya no radia y obteniendo, por tanto, un tiempo extra en el que podremos seguir calentando la casa. Para fijar dicha estructura, usaremos clavos de 6 pulgadas. Entre el suelo y las piedras, debemos instalar plásticos o algún elemento que aisle al invernadero de humedades provenientes del suelo. Si además, este plástico es negro, aumentaremos ligeramente la capacidad de absorción de calor. Del mismo modo es recomendable pintar también las piedras de color negro mate.



Finalmente, procedemos a la colocación del plástico sobre los listones de madera. Como la geometría de las casas en comunidades andinas no suele ser muy regular, una vez instalado procederemos a aislar con barro y piedras los huecos existentes entre el armazón de madera y la pared.

Uno de los triángulos laterales lo vamos a acondicionar para que pueda ser utilizado como puerta de acceso al interior, para realizar labores de mantenimiento. Para abrir y cerrar la puerta, maximizando la hermeticidad del conjunto, utilizaremos una tira de velcro de dos pulgadas clavadas en los listones de madera que conforman el ángulo recto de los mencionados triángulos, mientras que la otra parte irá cosida en los extremos del plástico que forma la puerta de nuestro Muro Trombe.

Una vez concluido tendremos lista nuestra instalación.

**Fotografía 54: Interior Muro Trombe**



**Fotografía 55: Muro Trombe terminado**



**Tabla 10: Herramientas y materiales necesarios para la instalación**

Nº	Materiales	Herramientas
2	Sacos de yeso de 10 kg	Brochas 2"
1	<b>Kg Clavos 4"</b>	<b>Brochas 4"</b>
2	Kg Clavos 6"	Cinzel 7/8" x 12" o barreta
1/2	Kg Clavos 1"	Llana de plástico 305x176 mm
1	Aceite de Linaza o barniz	Lija madera 9"x11" grano medio
2	<b>Pintura negra mate 1 Galón</b>	Guantes
9	Listones de 3"x3"x2,5m	Martillo
3	<b>Listones de 3"x3"x1,5m</b>	Cubos
3	Listones de 3"x3"x1,85m	Palas
3	<b>Listones de 2"x2"x2m</b>	<b>Picos</b>
4	Listones de 2"x2"x2,5m	Sierra Madera
7	<b>Tapajuntas de 2,5m</b>	Nivel
1	Jebe 10 cámaras de bicicleta	Cúter y/o tijeras
1	<b>Plástico negro mate (6x3m)</b>	<b>Maquina de coser</b>
1	Plástico invernadero (3x10m)	Metro o güincha
1	<b>Rollo de velcro (6m)</b>	
2	Metros de fierro de forjado	
X	<b>Botellas plástico (con tape)</b>	

En caso de instalar la tecnología en época de lluvias (poco recomendable), sería importante llevar un toldo y un saco de 50kg de cal.



### OPCIONES TÉCNICAS

Existen distintos tipos de Muros Trombe que pueden ser empleados en el ámbito rural además del modelo descrito. A continuación vamos a introducir brevemente conceptos de los modelos existentes que tienen mayor rendimiento y viabilidad:

#### Muro trombe vertical

Como se puede apreciar en la imagen, se trata de un marco de madera, que encierra cierto volumen de aire entre una superficie transparente y la pared. Se coloca con un ángulo de 90° grados en referencia al suelo y solo sería útil para latitudes superiores a 30°. Para inclinaciones mayores a las comentadas, no tiene sentido la aplicación de este modelo, ya que la captación de radiación solar a lo largo del día, es muy pequeña.

Este tipo de calefactores se instalan, por norma general, con vidrio, que tiene un mayor rendimiento y duración que el plástico de invernadero. Los aspectos negativos de la construcción con vidrio, son el coste, la dificultad en el transporte, el montaje y la seguridad. Al no estar en contacto directo con el suelo, no recibe humedad del mismo y está más protegido de posibles impactos.

#### Muro trombe horizontal

A diferencia del resto de modelos, este es independiente de la vivienda, es decir, no va adherido a la pared de la vivienda directamente. Se trata de una estructura acostada en el suelo que se cimenta con adobes de gran inercia térmica, pintados de negro y que se cubren con un plástico para crear efecto invernadero en su interior. El aire caliente acumulado en el interior del mismo, sale de la parte superior del Trombe por una tubería de entrada a la casa, y el aire frío que ha de calentarse, regresa al mismo por una tubería dispuesta a menor altura.

Su inclinación, cercana a los 0 grados (horizontal), le hace ser idóneo para zonas en las que el sol es casi vertical, por ejemplo todos los países cercanos al ecuador. Sin embargo pierde efectividad a medida que la inclinación del sol disminuye.

La construcción de este tipo de Trombes con vidrio en vez de plástico, es casi inviable. A los factores ya comentados en contra de la utilización de vidrio en este tipo de proyectos (seguridad, transporte y coste), hay que sumar el riesgo de rotura o deterioro debido a fuertes precipitaciones o granizos, además de ser un peligro para el tránsito de niños y animales, principalmente.

Fotografía 56: Muro Trombe vertical



Fotografía 57: Muro Trombe horizontal



### Muro trombe con invernadero

La novedad de este diseño, es incluir un pequeño huerto dentro del Trombe, creando así un invernadero interior. Puede parecer un buen sistema para aprovechar ese terreno ocupado por el Trombe, pero la realidad es que puede acarrear problemas a tener en cuenta, como:

- **Humedad:** al instalar un pequeño huerto en el interior de nuestro invernadero, introducimos constantemente humedad a la vivienda, pudiendo acarrear consecuencias negativas sobre la salud como: asma, sinusitis, infecciones pulmonares, cansancio, dificultad al respirar o dolor de cabeza. Además puede provocar malos olores, así como permitir que proliferen ácaros, hongos y bacterias.
- **Dióxido de Carbono:** Las plantas, por la noche, realizan el proceso contrario a la fotosíntesis, y emiten CO<sub>2</sub>. Aunque sea en pequeñas cantidades, el dióxido acumulado en el invernadero por la noche, pasaría a la vivienda en el momento que se retiraran las botellas por la mañana.
- **Hermeticidad:** Para poder utilizar el huerto, debemos instalar una puerta en nuestro invernadero, por la que poder operar en el interior. De este modo, hacemos que nuestro sistema pueda ser menos hermético. Abrir y cerrar el invernadero, es contraproducente para el funcionamiento del sistema.

Por lo tanto, este modelo sería aplicable siempre y cuando no se vaya a instalar en habitaciones donde afecte directamente a los habitantes, es decir, se debería evitar su aplicación en dormitorios.

### Fotografía 58: Muro Trombe con Invernadero



### RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO

De cara a la operación para el correcto funcionamiento, hay dos tareas muy sencillas, pero imprescindibles:

- **Tapar y cerrar los agujeros:** por la mañana debemos destapar los agujeros cuando la temperatura del interior del invernadero sea superior a la habitación, generalmente una o dos horas después de que empiece a incidir el sol, aunque depende de las condiciones del lugar. Por la noche, se deben tapar las entradas y salidas de aire algo más tarde del anochecer, ya que la temperatura del invernadero se mantendrá más elevada que la del ambiente de la vivienda un tiempo después de la caída del sol.
- **Mantener las puertas y ventanas de la habitación siempre cerradas,** ya que el efecto de la calefacción es despreciable si no se mantienen cerradas todas las vías de intercambio de calor con el exterior.

El mantenimiento, igual que ocurre para la operación, es sencillo, pero se debe ser muy escrupuloso:

- **Mantener limpio de vegetación el interior del muro Trombe.** Revisar el interior del invernadero y, en caso de haber crecido vegetación, retirarla deteriorando lo menos posible el plástico negro de la base.
- **Mantener limpio el plástico del invernadero,** la suciedad en el mismo impide o dificulta que la radiación solar traspase el plástico, reduciendo considerablemente el rendimiento del sistema.
- **Comprobar el aislamiento entre la pared y la estructura de madera.** Al estar realizado con barro y piedras, puede sufrir algún desprendimiento o deterioro, por donde podría producirse un escape de aire y, por tanto, una pérdida de temperatura. Hay que estar pendiente de repararlos inmediatamente.
- **Reparar pequeños agujeros en el plástico.**
- **Sustituir las botellas deterioradas o deformadas.** Debido al uso, las botellas terminan deformándose y adaptándose peor a la geometría cilíndrica del agujero, perdiendo capacidad de aislamiento.
- **Repintar el muro negro si va perdiendo el color negro mate original.**



## MODELO DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA

Para maximizar la sostenibilidad de este tipo de tecnologías es necesario implementar un modelo de gestión, de forma análoga al caso de electrificación rural y agua y saneamiento, de forma que las familias usuarias de cada tecnología puedan recibir apoyo técnico en caso de necesidad.

En este caso, las tecnologías descritas son sencillas, económicas y requieren de pocos esfuerzos de Operación y Mantenimiento. Por esa razón, para una adecuada gestión se propone incluir estas tecnologías en el entramado organizativo de la JASS<sup>11</sup> o la microempresa de servicios eléctricos rurales,<sup>12</sup> en función de la tecnología. De esta manera logramos involucrar tecnologías que tradicionalmente han estado gestionadas de forma individual, sin interacción entre usuarios, en modelos comunitarios, que pueden reforzar los niveles organizativos, fortalecer capacidades y mejorar la sostenibilidad de los sistemas.

### 3.1 Cocinas mejoradas

Las cocinas mejoradas deberían estar gestionadas por la JASS, debiéndose llevar a cabo un adecuado proceso de capacitación para dotar a los responsables de la misma de las habilidades necesarias para realizar las tareas de mantenimiento que los usuarios puedan requerir, además de proporcionarles la información necesaria sobre los distribuidores locales que les abastezcan de los repuestos necesarios.

El centro de salud también debe estar incluido en el organigrama del modelo de gestión, con la finalidad de dar seguimiento y capacitación permanente a los usuarios sobre buenas prácticas en la cocina. En caso de necesidad de mantenimiento correctivo de la tecnología, los usuarios pueden pedir los servicios de la JASS para realizar las tareas y acceder a los repuestos necesarios, realizando un pago puntual cuyo monto dependerá de la magnitud de la reparación.

### 3.2 Biodigestores y Muros Trombe

En el caso de los Biodigestores y los muros Trombe, dado que la JASS, según su reglamento legalmente aprobado, no puede hacerse cargo de estas tecnologías, su gestión debe ser responsabilidad de la Microempresa de Servicios Eléctricos Rurales. En este caso, el modelo de gestión sería análogo al caso de las cocinas mejoradas, debiéndose realizar un proceso específico de capacitación al operador sobre estas dos tecnologías, de forma que cuando los usuarios de los sistemas necesiten reparar alguno de ellos, éstos pueden solicitar los servicios de la microempresa para realizar las tareas y acceder a los repuestos necesarios, realizando un pago puntual cuyo monto dependerá de la magnitud de la reparación.

En el capítulo *"Caso de Estudio. Proyecto integral de acceso a servicios básicos y mejora de la calidad de vida de las familias de la comunidad Pucará"* del presente libro, se describe en detalle un modelo de gestión integral, incorporando sistemas de electrificación rural con energías renovables, agua y saneamiento, y tecnologías para el mejoramiento de la vivienda.

<sup>11</sup>Ver "Modelo de gestión de los sistemas de Agua y Saneamiento"

<sup>12</sup>Ver "Modelo de gestión de los sistemas eléctricos rurales"



## PARA SABER MAS

ACCINELLI, R; YSHII, C; CÓRDOVA, E; SÁNCHEZ-SIERRA, M; PANTOJA, C; CARBAJAL, J: Efectos de los combustibles de biomasa en el aparato respiratorio: impacto del cambio a cocinas con diseño mejorado. Universidad Peruana Cayetano Heredia

ALLANEGUI, J. (2013): Proceso de implementación de calefactores solares para proyectos de cooperación al desarrollo. Universidad de Zaragoza

BAUTISTA, J. (2009): Cocinas seguras: Cocinando sanamente con fogones mejorados. SOLUCIONES PRÁCTICAS

BOHÓRQUEZ, J: Muro de Trombe. Universidad de los Andes

BOTERO, R; PRESTON, T. (1987): Biodigestores de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas. Manual para su instalación, operación y utilización.

GARFI, M; GELMAN, P; FERRER, I; FERRER-MARTÍ, L; VELO, E. (2011): Investigación en una planta piloto de biodigestores tubulares unifamiliares en Cajamarca, Perú. Estudio de parámetros operacionales. Universitat Politècnica de Catalunya

GTZ: La implementación de cocinas saludables como intervención clave en el mejoramiento de la salud ambiental en Los Andes.

INSTITUTO NACIONAL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (INTI). Sistema condensa-acumulador para calefacción solar pasiva con base de muro Trombe.

MARTÍ, J. (2007): Experiencia de transferencia tecnológica de biodigestores familiares en Bolivia. Livestock Research for Rural Development.

MARTÍ, J. (2008): Biodigestores familiares. Guía de diseño y manual de instalación. GTZ

MARTÍ, J. (2012): Lecciones aprendidas del proyecto EnDev-Bolivia en sus actividades de biodigestores 2007-2012.

MUÑOZ, M. (2008): Promoviendo Cambios Sostenibles para la Equidad de Género y el Desarrollo Social a través de las Cocinas Mejoradas. Heifer Perú

NARANJO, F. (2010): La problemática de la salud, en relación con las cocinas de leña en áreas rurales a nivel mundial. CEGESTI

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. (2009): Guía de tecnologías apropiadas para la adaptación a cambio climático en vivienda saludable y saneamiento básico para el medio rural

PAZ, A. Y CRISTÓBAL, S. (2008): Estudio de biogás en biodigestores tubulares unifamiliares de bajo costo en el Departamento de Cajamarca.

POGGIO, D. (2009): Manual de instalación de un biodigestor tipo manga para zonas alto-andinas.

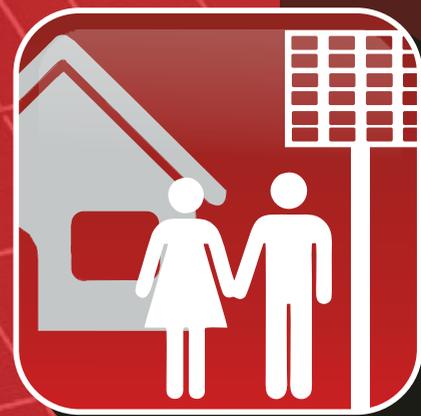
HADZICH, C; PINO, E. (2009): Koñiwasi Casa Caliente. Pontificia Universidad Católica del Perú

REHFUESS, E. (2007): Energía doméstica y salud: combustibles para una vida mejor. Organización Municipal de la Salud

UGGETTI, E; FERRER, I. (2009): Producción y calidad de biogás: estudio comparativo entre biodigestores andinos. Universitat Politècnica de Catalunya



# Casos de Estudio



**Pau Lillo  
Laia Ferrer  
Bruno Domenech  
Eduardo Dallo  
CARE-COSUDE**

# ELECTRIFICACIÓN RURAL CON ENERGÍAS RENOVABLES EN LA COMUNIDAD DE ALTO PERÚ

## 1.1 Introducción

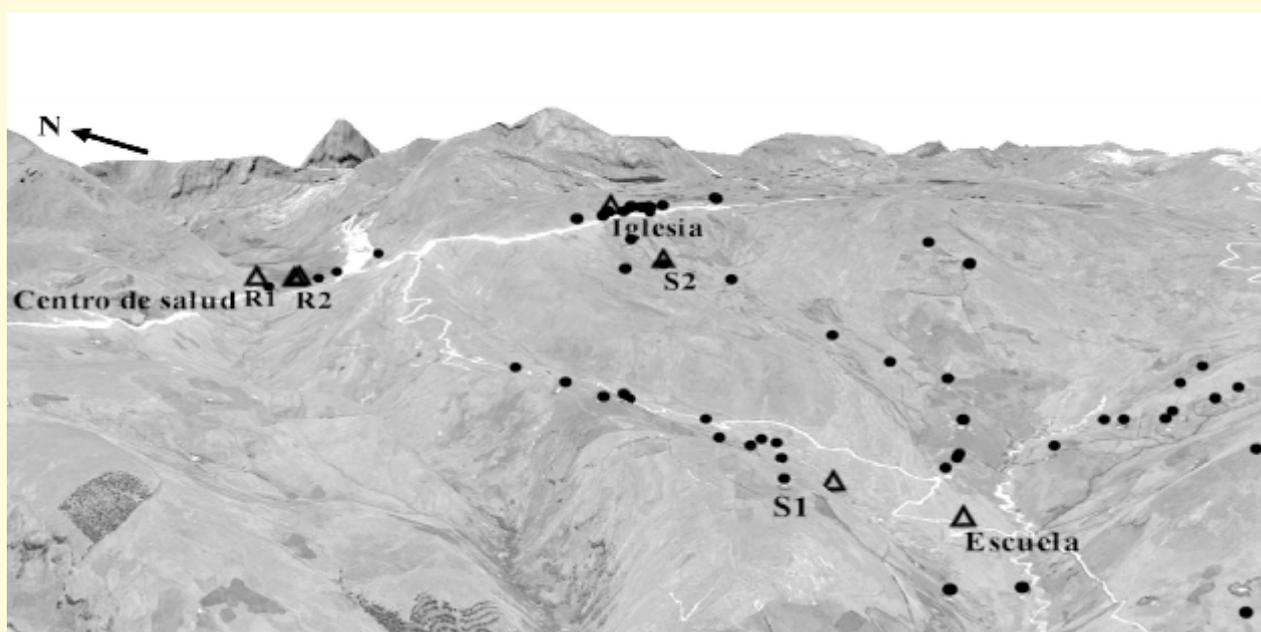
El presente caso de estudio se basa en un proyecto de electrificación rural aislada con energías renovables en la comunidad de Alto Perú, ejecutado por Ingeniería Sin Fronteras, Soluciones Prácticas (antes ITDG) y Green Empowerment en la región de Cajamarca, ubicada en la sierra norte de Perú. Por cuestiones de financiamiento, este proyecto se llevó a cabo en dos etapas, entre 2009 y 2011.

Esta comunidad se electrificó con energía eólica, solar e hidroeléctrica, combinando microrredes y sistemas individuales, de acuerdo a los recursos energéticos y las características socioeconómicas de cada zona de la comunidad. Este tipo de instalación, que combina distintas tecnologías en una misma comunidad para maximizar la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos energéticos locales, es pionera en el ámbito estatal peruano y representa un hito en el proceso de divulgación de las energías renovables en el ámbito rural, sirviendo como ejemplo demostrativo de viabilidad, eficacia y sostenibilidad. De esta manera, las comunidades que hasta la fecha están electrificadas con sistemas de este tipo, sirven de herramienta para incidir en las políticas públicas, basadas casi exclusivamente en estrategias de extensión de la red nacional, tratando de incluir nuevas alternativas que faciliten el acceso a la energía eléctrica de las comunidades más alejadas y dispersas.

## 1.2 Breve diagnóstico socioeconómico

El proyecto analizado se ubica en el caserío de Alto Perú, distrito de Tumbadén, provincia de San Pablo, Departamento de Cajamarca, el cual se encuentra a una altitud de 3500-4000 msnm., a una hora y media en vehículo de la ciudad de Cajamarca. En el caserío existen dos zonas diferenciadas: la parte alta que cuenta con 25 viviendas habitadas, una iglesia, un centro de salud, una tienda de comestibles y dos restaurantes; y la parte baja con 33 viviendas, una escuela y una tienda de comestibles, encontrándose éstas más dispersas que las de la parte alta.

**Ilustración 57: Localización de los puntos de consumo de Alto Perú.**

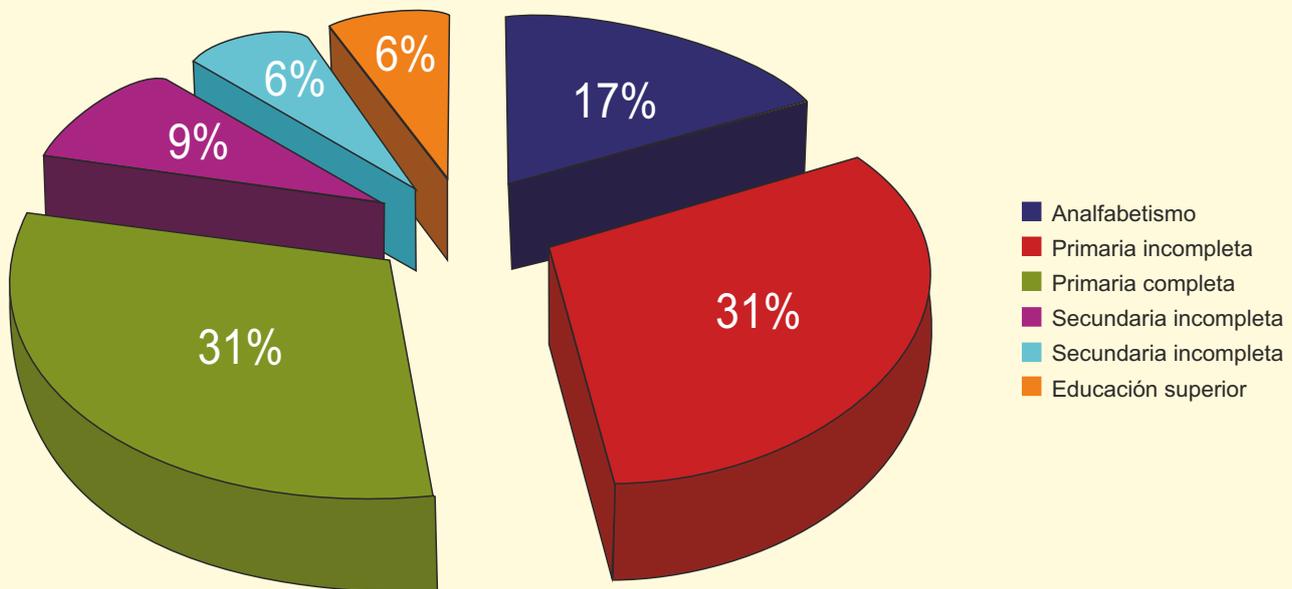


● viviendas

▲ centro de salud, escuela, iglesia, restaurantes, (R1, R2) y tiendas (S1, S2)

La población es predominantemente joven, encontrándose el 63% de la población en un rango de edad menor de 30 años, aunque se sigue perpetuando el problema del analfabetismo (un 17% de la población), que en su mayoría se da en el sexo femenino. El 31% tiene primaria incompleta, el 31% tiene primaria completa, el 9% tiene secundaria incompleta, el 6% tiene secundaria completa y el 6% tiene educación superior.

**Gráfico 8: Nivel educativo por porcentaje de población**



Las familias cuentan con un promedio de 16 Ha de terreno, lo cual supone una extensión considerable en comparación con otras poblaciones cercanas, y lo utilizan para sus labores productivas que giran en torno a la ganadería y la agricultura. En cuanto a la producción ganadera, la crianza de ganado vacuno es la más importante y constituye la principal fuente de ingresos económicos. De manera general, una familia de Alto Perú percibe mensualmente S/. 453.00 Nuevos Soles<sup>13</sup> que provienen de la venta de leche, principalmente.

Previo a la ejecución del proyecto, los recursos energéticos más usados en el caserío para iluminación y uso de artefactos eran las velas y las pilas. Ambas suponían un gasto promedio a las familias de S/. 12.98 Nuevos Soles mensuales.

### 1.3 Evaluación de los recursos energéticos disponibles

#### RECURSO EÓLICO

El atlas del recurso eólico del país<sup>14</sup> demostró que Cajamarca es una de las zonas con mayor potencial eólico en el Perú. En las primeras visitas a la comunidad se observó un buen potencial eólico, por lo que se instaló un anemómetro en una torre de 10 m de altura cerca de la iglesia (parte alta), en un terreno llano y sin obstáculos para garantizar una buena calidad en las mediciones de velocidad y dirección del viento. Las medidas fueron tomadas cada 10 minutos durante más de un año, identificando que el menor recurso eólico se da en el mes de marzo. De cara al diseño de un sistema eólico se utilizó el valor recurso eólico de este mes ya que si el sistema cumple con la demanda en el mes con menor recurso, también la cubrirá el resto del año. A continuación, usando un software especializado y el mapa orográfico (mapa de relieve) de la región, se extrapolaron los datos del anemómetro al resto del área de estudio. Con esta información, y las curvas de potencia de los aerogeneradores, es posible seleccionar los equipos más adecuados para satisfacer la demanda energética local.

<sup>13</sup>Se considera un tipo de cambio aproximado de 1 USD = 2.7 Nuevos Soles

<sup>14</sup><http://dger.minem.gob.pe/atlaseolico/PeruViento.html>

## RECURSO HIDRÁULICO

En los alrededores de la comunidad de Alto Perú existen cerca de 280 lagunas de diferentes tamaños, las cuales abastecen a la propia comunidad y a otras vecinas<sup>15</sup>. No obstante, el único recurso hidráulico que permite generar una cantidad significativa de electricidad se identificó a 500 m de la escuela. Con el fin de evaluar el recurso hidráulico en este punto, se midió el caudal de agua en el mes más seco (agosto) y la altura de la caída de agua. Al igual que ocurría con el recurso eólico, se asegura que la demanda se cubre durante todo el año, y en años futuros, si se puede satisfacer la demanda en el mes más seco teniendo en cuenta un factor de seguridad adecuado (debido a hipotéticas reducciones de flujo de agua en el futuro). Así, se halló un caudal de agua de 14 l/s y una altura de 31.7 m.

## RECURSO SOLAR

El recurso solar se considera uniforme en toda la comunidad. Este recurso se estimó a través de las horas solares pico (HSP), que se definen como el tiempo, en horas por día, con una irradiación constante hipotética de 1000 W/m<sup>2</sup>. Además, la temperatura tiene también una influencia en la eficiencia de los paneles, por lo que, a partir de una base de datos climáticos de la NASA, se obtuvieron los valores de PSH y temperatura mensuales, desde 1983 hasta el año 2005. Al igual que en los casos anteriores, se identificó la irradiación media diaria en el mes con menor recurso, el cual tiene lugar en el mes de febrero, hallándose un valor de 4.61 HSP y una temperatura de 7.99 °C.

## 1.4 Análisis de la demanda energética

Para determinar la demanda a cubrir se realizaron encuestas al conjunto de la población, poniendo especial énfasis en sectores especialmente vulnerables (mujeres, niños, etc.), identificando la cantidad de energía que las familias necesitan para satisfacer sus necesidades. Así, se estimó una demanda neta de 280 Wh/día por familia, considerando equipos básicos de uso doméstico, habiendo contrastado esta estimación con los consumos de proyectos similares en zonas cercanas.

## 1.5 Descripción de los sistemas seleccionados

En la primera fase del proyecto se electrificó la parte alta (zona norte) de la comunidad de Alto Perú, constituida por 13 familias y una iglesia, mediante dos microrredes eólicas, las cuales están en funcionamiento desde junio de 2009.

Con la continuación del proyecto, en el año 2010 se logró electrificar la parte baja (zona sur) de la comunidad con 41 sistemas fotovoltaicos individuales (SFV) (39 viviendas y 2 tiendas); un sistema fotovoltaico en microrred para la posta de salud, 2 viviendas y 2 restaurantes; y una picocentral hidroeléctrica (PCH) que abastece a la escuela y 4 viviendas.

### ELECTRIFICACIÓN ZONA NORTE

En una primera etapa se decidió electrificar la zona norte del caserío de Alto Perú. El recurso eólico en esta zona es muy importante debido a que el viento tiene una alta intensidad y la zona resulta ideal para la instalación de aerogeneradores. Además, la dispersión de las viviendas no es muy elevada en esta zona, por lo que la instalación de microrredes se erige como la opción técnica más adecuada.

Teniendo en cuenta el recurso evaluado previamente y la demanda energética, se decidió instalar dos microrredes de distribución en baja tensión y corriente alterna (una para 7 viviendas y la iglesia, y otra para 6 viviendas) con 2 aerogeneradores IT 500 de 500W cada una. En el mes más desfavorable, estos proveen de

<sup>15</sup>Complejo hidrológico Lagunas de Alto Perú.

10 KWh/mes a cada una de las 13 viviendas y la iglesia, asegurando así que la demanda energética se satisfaga durante todo el año.

En la segunda etapa del proyecto se consideró el centro de salud, cuya electrificación era esencial para dar acceso a un mejor servicio de salud: iluminación nocturna para las intervenciones de urgencia, una refrigeradora para conservar las vacunas, etc. Además, los 2 restaurantes y 2 viviendas aledañas también se incluyeron en esta etapa. En el área no hay saltos de agua y el potencial eólico no era alto, por lo que se consideró la instalación de sistemas fotovoltaicos. Dado que los cinco puntos de consumo (el centro de salud, los 2 restaurantes y 2 viviendas) estaban muy cerca uno del otro, se concibió la posibilidad instalar también una única microrred. Por tanto, para cubrir la demanda de estos 5 puntos se instalaron ocho paneles fotovoltaicos de 95 W.

**Fotografía 59: Microrred eólica**



**Fotografía 60: Microrred solar fotovoltaica**



### **ELECTRIFICACIÓN ZONA SUR**

En cuanto a la parte baja, el estudio se centró, en primer lugar, en la escuela, porque la población mostró un gran interés en facilitar el acceso a las nuevas tecnologías para los niños. Dado que en la evaluación de los recursos se identificó un pequeño salto de agua cercano, se alcanzó un acuerdo con el propietario del terreno, estableciendo períodos de riego y períodos de generación eléctrica a lo largo del día. El objetivo era evitar que el suministro eléctrico durante las horas de escuela perturbase el uso de agua para la agricultura por parte del propietario y viceversa.

La elección de la tecnología hidroeléctrica se debe a que se trata de una de las mejores opciones en sistemas aislados. Teniendo en cuenta el flujo de agua y la altura de caída de agua, se calculó que la potencia útil era de 2,000 W. Con estas características de recurso hidráulico, se escogió una turbina Michel Banki porque, además de ser la más barata entre los tipos de turbinas disponibles, su simplicidad permite reparaciones in situ, mientras que otros tipos de turbinas (como las Pelton o Francis) son técnicamente más complejas y, por lo general, requieren técnicos especializados para sus reparaciones.

Dado que la demanda de potencia de la escuela era menor que el recurso disponible, la energía restante se utilizó para electrificar algunos hogares. Teniendo en cuenta la demanda de energía de los hogares y un margen de seguridad, se electrificaron las cuatro viviendas más cercanas a este sistema.

Finalmente, para el resto de viviendas de la parte baja se instalaron sistemas solares fotovoltaicos individuales. En este caso, la elección de este tipo de sistemas se debió a la elevada dispersión de las viviendas, el recurso solar es bueno en la zona del proyecto (situado a más de 3700 msnm), es una tecnología de fácil manejo, requiere poco mantenimiento y es una tecnología ampliamente conocida, madura y confiable. Además, en zonas de

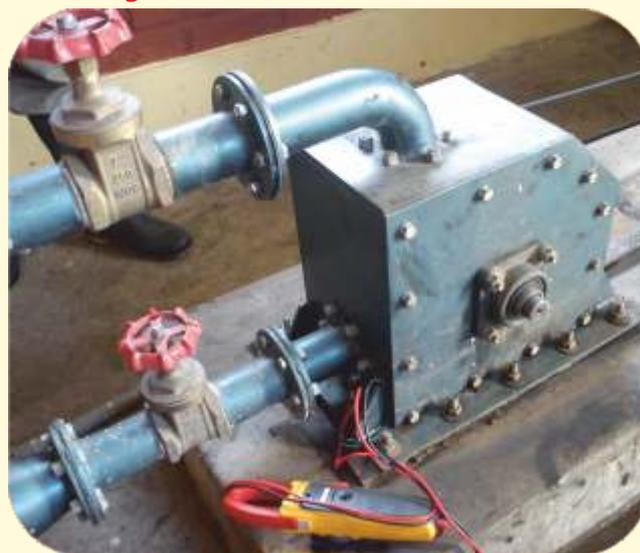
considerable dispersión entre puntos, los sistemas individuales tienden a ser más baratos que las microrredes y no requieren de tantos esfuerzos para la coordinación entre vecinos. Además, el equipo técnico decidió emplear sistemas con inversor, de igual manera que en las microrredes, ya que, si bien el uso de inversores encarece la inversión inicial y reduce la eficiencia del sistema, estos dispositivos permiten utilizar artefactos en corriente alterna, pudiendo acceder a una cantidad de artefactos eléctricos mucho mayor y de menor precio, logrando así una mejora en la calidad de vida de mayor magnitud.

Teniendo en cuenta la situación comentada anteriormente, se decidió implementar sistemas fotovoltaicos de 95 W con inversor de 500 W, los cuales permiten el uso de focos para alumbrado domiciliario, TV, DVD, radio, celular o licuadora, aunque, eso sí, por tiempo limitado debido a la capacidad finita de las baterías (125 Ah).

**Fotografía 61: Panel solar individual**



**Fotografía 62: Pico central hidroeléctrica**



## 1.6 Modelo de gestión

En Alto Perú se desarrolló el modelo de gestión comunitario para sistemas de electrificación rural expuesto en el Capítulo II, con el que se logró un cambio en la forma de pensar de los pobladores al lograr una gestión con elevado nivel de autonomía a través del fortalecimiento de capacidades y la participación de la población. En esta sección se describe cómo se puso en marcha el modelo de gestión en la comunidad de Alto Perú.

### **ACTORES DEL MODELO DE GESTIÓN**

Los actores del modelo de gestión son cada una de las partes implicadas en el proyecto, los cuales tienen un rol definido, que es acordado de forma concertada entre toda la población con el apoyo del equipo responsable del proyecto.

Uno de los aspectos más importantes al inicio del proyecto fue la conformación de una Junta de Electrificación, la cual está conformada por autoridades locales, líderes y usuarios. Una vez terminado el proyecto, ésta pasó a desempeñar el rol de Junta de Fiscalización del Servicio. Además, se creó la Unidad de Servicios Eléctricos Rurales (USER), la cual está conformada por dos personas de la comunidad que se encargan de realizar actividades de Operación, Mantenimiento y Administración de los sistemas eléctricos (eólico, fotovoltaico e hidroeléctrico).

Por otra parte, están los usuarios, los cuales se comprometen a pagar mensualmente por este servicio, cuidar los sistemas de los que dispongan en base a las especificaciones técnicas y participar en las reuniones informativas de la USER.

Por último encontramos a la Municipalidad Distrital de Tumbadén, la cual se convirtió en dueña de los equipos tras la finalización del proyecto y estableció una Unidad Técnica encargada de dar apoyo en la supervisión de los sistemas a la USER. Para el buen funcionamiento del modelo de gestión se acordó, entre otras cosas, un reglamento que regula y establece los roles y las funciones de los diferentes actores del modelo.

### **CAPACITACIONES**

El desarrollo de capacidades locales es un elemento clave para lograr la sostenibilidad de los sistemas, debiéndose tener en cuenta el diálogo como herramienta de capacitación y la realización de las capacitaciones desde un enfoque donde se respeten las características socioculturales de la comunidad.

No es tarea fácil familiarizar y sensibilizar a la comunidad con las ideas técnicas del proyecto: el sistema eléctrico aislado, las fuentes de energía, la gestión del proyecto o los sistemas servicio-cliente. Por ello, fue necesario desarrollar un proceso de sensibilización y capacitación sobre el Modelo de Gestión y la importancia del mismo. La capacitación sobre el modelo de gestión se debe reforzar constantemente en la comunidad, pues adaptar las estructuras organizativas es difícil de lograr en un periodo corto. Así, por ejemplo, fomentarla cultura de pago por un servicio básico (en este caso de la energía) demanda tiempo y esfuerzo para hacer comprender a los usuarios el rol protagonista que juegan y lo fundamental que es dotar de un buen uso a su sistema y pagar una tarifa por ello.

Uno de los aspectos fundamentales para el buen funcionamiento del modelo de gestión son las capacitaciones, tanto a Operadores y Administradores como a usuarios. Las primeras se realizaron desde un inicio con los 6 aspirantes al puesto de operador y administrador, así como con las autoridades de la comunidad, con la finalidad de ir fortaleciendo las capacidades técnicas de los pobladores que tenían la intención o estaban interesados en conformar la USER. Este proceso tuvo lugar inicialmente en el Centro de Demostración y Capacitación en Tecnologías Apropriadas (CEDECAP) y, posteriormente, se pusieron en práctica los conocimientos adquiridos durante la instalación de los sistemas en la comunidad. Una vez finalizado el proceso, la comunidad escogió a las dos personas que conformaron la USER a partir de su rendimiento en las capacitaciones y su reputación en el seno de la comunidad.

Paralelamente, se estableció un proceso de capacitación amplio dirigido a todos los usuarios de los sistemas instalados en la comunidad. En él, se trataron temas como el funcionamiento del modelo de gestión, el liderazgo y fortalecimiento organizacional, el uso y mantenimiento de los sistemas, la importancia de los mismos y la definición de la tarifa.

### **ESTABLECIMIENTO DE LA TARIFA MENSUAL**

Otro de los principales acuerdos a tomar en el modelo de gestión son las tarifas, las cuales se establecen en función de las necesidades de operación y mantenimiento de los sistemas, así como de la capacidad de pago de los pobladores, identificada en el diagnóstico socioeconómico que se realiza en la etapa de identificación del proyecto.

En este caso concreto, el servicio eléctrico de que disponen los usuarios no siempre es igual para todos, sino que depende de la tecnología y del tipo de distribución, es decir, si son sistemas individuales o en microrred. En particular, este tema puede resultar conflictivo, planteándose un dilema en cuanto a la uniformidad de las tarifas. En efecto, si bien la PCH proporciona un servicio eléctrico continuo (excepto las horas de riego), mientras que el resto de usuarios tienen mayor variabilidad en el servicio, los costes de mantenimiento de la PCH son menores que el resto debido a la obligada sustitución de algunos equipos como baterías, inversores o reguladores en los sistemas SFV y eólicos, cuya vida útil es mucho menor que la de una PCH. Si bien algunas personas preferían un sistema de tarifas diferenciado, la gran mayoría de usuarios optaron por un sistema de tarifas unificado, en el que toda la comunidad pagase los mismos precios por la energía consumida, para evitar conflictos vecinales.

Aunque esto podría haber planteado problemas debido a la diversidad socioeconómica de la comunidad, en el caso de Alto Perú no se ha identificado un mayor grado de morosidad en función del sistema instalado ni del nivel económico familiar. Con todo, la tarifa se estableció de la siguiente manera:

**Tabla 11: Descripción de la tarifa eléctrica mensual en Alto Perú**

CONCEPTO	UNIDADES	MONTO
Tarifa básica mensual (de 0 a 10 kWh)	S/.	S/. 13,00
De 11 a 15 kWh	S/. por kWh	S/. 0,70
De 15 a más kWh	S/. por kWh	S/. 3,00
Mora mensual (sólo si se retrasa en el pago)	% del saldo deudor	5%
Cortes y reposiciones		S/. 50,00

Esta tarifa fue propuesta por el equipo técnico del proyecto y sustentada ante la asamblea de usuarios, donde se validó y aprobó mediante acta, para evitar problemas en el futuro. Como podemos observar, la tarifa aprobada consiste en un sistema por consumo de precios variables distribuidos en distintos bloques.

## 1.7 Lecciones aprendidas y recomendaciones

El proyecto ha dado unos resultados muy satisfactorios, permitiendo así demostrar la viabilidad de los sistemas basados en energías renovables como alternativa para la electrificación rural aislada, incluso en instalaciones complejas como la que se ha presentado en este estudio de caso. Además, debido al elevado grado de innovación de este proyecto, Alto Perú ha sido objeto de numerosas pasantías por parte de pobladores de otros distritos y provincias, autoridades y funcionarios locales y regionales, como experiencia exitosa. No obstante, la implementación de proyectos novedosos conlleva algunas dificultades, las cuales se pretenden describir a continuación con la intención de mejorar los impactos de este tipo de proyectos en futuras intervenciones.

En primer lugar, debido a la gran variabilidad del recurso eólico, surgieron algunos desacuerdos entre familias. Por ejemplo, en algunos momentos los usuarios de una microrred eólica tenían menos energía que los usuarios de la otra y, en consecuencia, su voluntad de pago disminuyó. Además, la electricidad disponible para los usuarios de las microrredes eólicas fue mucho más variable que el de los sistemas fotovoltaicos. Aunque los usuarios de estas microrredes estaban satisfechos con su servicio, algunos de ellos afirmaron que preferían la tecnología fotovoltaica, con el fin de contar con un suministro eléctrico más constante. Por otra parte, los equipos eólicos tuvieron algunos problemas mecánicos, habiendo demostrado ser una tecnología menos confiable de lo esperado. Teniendo en cuenta que Alto Perú se encuentra en una zona remota de la sierra andina, la reparación de los aerogeneradores estropeados es lenta y costosa, siendo necesario transportar los equipos a la ciudad. Desafortunadamente, este hecho reforzó la preferencia de los usuarios por los sistemas fotovoltaicos.

En segundo lugar, los medidores eléctricos sólo miden el consumo sin limitarlo, ya que los dispositivos de limitación son actualmente una tecnología cara y de fabricación extranjera, lo cual crearía dependencias externas y requeriría de técnicos especializados para su programación. Por lo tanto, con base en experiencias anteriores, se estableció una estrategia de control de consumo de acuerdo a la tarifa: cuanto más se consume, más se paga proporcionalmente. Sin embargo, esta estrategia resultó no ser suficiente y, por ejemplo, en la microrred solar el centro de salud y los 2 restaurantes utilizaban más energía de lo esperado, lo que impedía a las dos viviendas utilizar la energía que necesitaban. Para contrarrestar este problema, se estableció un programa especial de capacitación para sensibilizar a los usuarios de las microrredes acerca de la necesidad de organizarse entre ellos para compartir adecuadamente la electricidad disponible. Sin embargo, estos

usuarios siguen teniendo dificultades, por lo que afirmaron que habrían preferido los sistemas individuales.

En tercer lugar, mientras que los sistemas fotovoltaicos individuales sólo proporcionan electricidad para usos domésticos, las microrredes permiten desarrollar otras actividades en períodos de elevado recurso disponible. En particular, mientras que la PCH permite desarrollar actividades productivas, los sistemas fotovoltaicos individuales limitan algunas actividades como, por ejemplo, el caso de un productor de queso que no pudo mejorar su negocio.

En cuarto lugar, la falta de un mercado de energía renovable en la región de Cajamarca implica que los técnicos dependan de los distribuidores ubicados en la capital del país. Ésta es una gran barrera para el mantenimiento y la reparación de los equipos estropeados de forma autónoma, más aún teniendo en cuenta que se utilizaron diferentes tecnologías. Por lo tanto, después de dos años desde el final de la ejecución del proyecto, la población de Alto Perú sigue dependiendo de los técnicos de Soluciones Prácticas cuando se producen problemas técnicos.

Debido a todos estos hechos, aunque la solución implementada era técnica y económicamente eficiente, presentó algunas dificultades. Para los proyectos futuros se deben tener en cuenta más factores, debiendo implementarse capacitaciones especiales y estrategias de sensibilización para reducir las dificultades mencionadas, aunque esto implicará mayores esfuerzos para los técnicos encargados del proyecto y, en consecuencia, un mayor costo de inversión. Por una parte, toda la comunidad tendrá que participar en el proceso de diseño para asegurar que la solución adoptada realmente responde al contexto y las necesidades locales. Por otra parte, se necesita un programa de capacitación específico, no sólo en función de las diferentes tecnologías, sino también de la configuración de la distribución eléctrica (sistemas individuales o en microrred). Además, la diversidad en cuanto a la tecnología y los recursos energéticos locales podría introducir desigualdades puntuales, por lo que debe estar estrechamente ligada con las distintas necesidades y la diversidad socioeconómica de la población, reduciendo al mínimo los conflictos sociales. Esto implica un proceso de formación previa, para que los futuros usuarios sean capaces de participar en el proceso de planificación y decidir qué tecnología prefieren con una buena información y conocimiento previo.

# PROYECTO INTEGRAL DE ACCESO A SERVICIOS BÁSICOS Y MEJORA DE LA CALIDAD DE VIDA DE LAS FAMILIAS DE LA COMUNIDAD PUCARÁ

## 2.1 Introducción

El presente caso de estudio está basado en un proyecto que, desde 2010, han desarrollado Ingeniería Sin Fronteras y Soluciones Prácticas (antes ITDG) en el Departamento de Cajamarca, ubicado en la sierra norte de Perú.

Por cuestiones de financiamiento, igual que ocurrió en el proyecto de Alto Perú,<sup>16</sup> el proyecto se llevó a cabo en dos etapas, finalizando en el año 2013.

En las zonas rurales de la sierra norte del Perú, existe una gran dispersión de la población que hace muy difícil el acceso a los servicios básicos de energía, agua y saneamiento a los pequeños núcleos poblados. No obstante, es en estas zonas donde la demanda de este tipos de servicios, tanto para usos domésticos como productivos, es mayor, dado el elevado índice de pobreza.

Actualmente, para satisfacer la demanda de energía, la población rural utiliza fuentes insostenibles, como por ejemplo, la leña de los bosques naturales, causando una alta deforestación en la zona. Por otro lado, el precario sistema de abastecimiento de agua y saneamiento existente, no cubre las demandas de la población, lo cual causa problemas tanto sobre la salud de las personas, como sobre el medio ambiente. Por otra parte, las viviendas no cuentan con una estructura que favorezca la buena salud de sus habitantes, principalmente en las cocinas, la mayoría de las cuales no dispone de sistemas adecuados de evacuación de humos. Este hecho vuelve vulnerables a los miembros de las familias frente a enfermedades respiratorias y oculares. Además, las viviendas no aprovechan las posibilidades caloríficas de que disponen, convirtiéndose así en puntos negros de energía.

Frente a esta problemática, el proyecto trata de manera integral el acceso a servicios básicos de energía, agua y saneamiento en las viviendas, a través de Tecnologías para el Desarrollo Humano y Energías Renovables, usando una estrategia centrada en la superación de las principales barreras que actualmente impiden ampliar la cobertura de los servicios básicos en zonas rurales.

## 2.2 Breve diagnóstico socioeconómico

El caso de estudio se ubica en el caserío Pucará, distrito de Tumbadén, provincia de San Pablo, departamento de Cajamarca, el cual se encuentra a una altitud de 3300 msnm, a dos horas en vehículo de la ciudad de Cajamarca.

En la comunidad existen 29 familias, con un total de 224 habitantes. El caserío cuenta con una escuela de nivel primario que alberga a 30 alumnos de primero a sexto grado, sin embargo, resalta la falta de un puesto de salud propio, teniendo los pobladores que desplazarse para poder ser atendidos hasta el puesto de salud de la comunidad aledaña de Ingatambo.

La población es más bien joven, un 62% es menor de 25 años, aunque sigue arrastrando el problema del analfabetismo con un 6.1 % de la población, siendo similar, tanto en hombres, como en mujeres. Las familias cuentan con un promedio de 12 Ha de terreno, el cual utilizan para sus labores productivas que giran en torno a la ganadería y la agricultura.

<sup>16</sup>Ver "Caso de Estudio. Electrificación Rural con Energías Renovables en la comunidad de Alto Perú"

Generalmente, la producción agrícola es de autoconsumo, mientras que la crianza de ganado vacuno es la producción ganadera más importante. De manera general, una familia de Pucará percibe mensualmente S/. 790 Nuevos Soles<sup>17</sup> que provienen de la venta de leche, principalmente.

Previo a la ejecución del proyecto, los recursos energéticos más usados en el caserío para iluminación y uso de artefactos eran las velas, las pilas y los mecheros, las cuales suponían un gasto promedio a las familias de S/. 16.75 Nuevos Soles mensuales.

**Fotografía 63: Localización de las viviendas de las familias beneficiarias**



## 2.3 Descripción de los sistemas instalados

El proyecto contempla tres grandes líneas de actuación, considerando **Electrificación, Servicios de Agua y Saneamiento, y Mejoramiento de la Vivienda.**

### **ELECTRIFICACIÓN RURAL CON ENERGÍAS RENOVABLES**

El proyecto ha proporcionado el acceso a la energía eléctrica al 100% de las familias de Pucará a través de energías renovables aisladas de la red eléctrica nacional, empleando una Microcentral Hidroeléctrica (MCH) y siete Sistemas Solares Fotovoltaicos (SFV).

- **MICROCENTRAL HIDROELÉCTRICA**

Por la comunidad pasa un río llamado Tabanal, por lo que se planteó la posibilidad de instalar una MCH para todos los habitantes. De igual modo que en el caso de Alto Perú, para evaluar el recurso hidráulico disponible, se midió la altura de caída de agua y el caudal de agua en el mes más seco (agosto). Así, se identificó un salto de 32 m de altura, un caudal de diseño de 70 l/s y un caudal mínimo anual de 50 l/s.

<sup>17</sup> Se considera un tipo de cambio aproximado de 1 USD = 2.7 Nuevos Soles

Con este recurso hidráulico, se seleccionó una turbina Michel Banki de 12 kW de potencia. Si bien esta potencia es superior a la que se puede obtener en los meses de sequía, se dimensionó la turbina de esta manera para proveer a la población de un mejor servicio eléctrico durante la mayor parte del año.

**Fotografía 64: Turbina Michel Banki**



**Fotografía 65: Desarenador y cámara de carga**



Gracias a este sistema, se logró electrificar a 25 familias. No obstante, debido al elevado grado de dispersión de las viviendas, era técnicamente inviable la extensión de la microrred hidroeléctrica a las familias más alejadas, por lo que se optó por emplear Sistemas SFV individuales.

- **SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS**

La elección de este tipo de sistemas fue debida a que el recurso solar es bueno en la zona del proyecto, además de las varias ventajas que proporciona este tipo de tecnología, mientras que el recurso eólico es muy limitado. Siguiendo el mismo razonamiento que en el caso de Alto Perú, en este proyecto los sistemas fotovoltaicos que se decidió implementar fueron de 95 W con inversor de 500 W, los cuales permiten el uso de focos para alumbrado domiciliario, TV, DVD, radio, celular o licuadora, aunque, eso sí, por tiempo limitado debido a la capacidad finita de las baterías (115 Ah).

**Fotografía 66: Sistema solar fotovoltaico**



## **AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**

El proyecto contempla la instalación de distintos sistemas, incluyendo un sistema comunitario de abastecimiento de agua potable, baños ecológicos secos, baños de arrastre hidráulico para la escuela, termas solares para agua caliente sanitaria, así como un sistema de gestión de residuos sólidos domiciliarios.

- **SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**

Se construyó un sistema comunitario de abastecimiento de agua potable por gravedad, un reservorio de 10 m<sup>3</sup> donde se realiza la cloración con hipoclorador utilizando 3 kg de cloro cada 3 meses.

Con el fin de fortalecer los procesos de apropiación de tecnología e involucración de la Municipalidad, ésta asumió más del 60% del coste total del plan de aguas en concepto de materiales y personal, mientras que los beneficiarios aportaron mano de obra no cualificada y materiales locales.

Dado que las viviendas no disponían de un sistema adecuado para el uso domiciliario de agua, se construyeron pozos lavadero en todas ellas, cuyo desagüe deriva en un pozo de infiltración para limitar el impacto negativo sobre el medio ambiente que pudiera tener el vertido de aguas grises.

**Fotografía 67: Reservorio**



**Fotografía 68: Pozo lavadero**



- **BAÑOS ECOLÓGICOS SECOS (BES)**

La gran mayoría de las familias cuenta con letrinas en mal estado, por lo cual se optó por la construcción de BES. La principal razón de elección de esta tecnología, era la mejora de las condiciones higiénicas frente a las letrinas, mediante la reducción de olores e insectos, desaparición de encharcamientos, etc., además de permitir el aprovechamiento posterior de las heces como fertilizante para la agricultura.

Para hacer partícipe e involucrar a los usuarios de la tecnología en el proceso constructivo y lograr un buen nivel de apropiación de la misma, se contó con el aporte de mano de obra no cualificada por parte de las familias, así como la aportación de materiales para las cámaras composteras.

Por falta de presupuesto, solamente se pudieron construir 19 BES. El sistema de elección de los beneficiarios fue establecido por los propios miembros de la comunidad, sin la intervención de los técnicos responsables del proyecto, estableciendo como criterios de selección el interés en la tecnología, la motivación para aportar materiales y mano de obra no calificada, así como el nivel de compromiso y participación en las distintas actividades del proyecto.

La introducción de esta tecnología, innovadora hasta entonces en la región Cajamarca, implicó un fuerte cambio de hábitos por parte de la población, teniendo en cuenta el arraigo de los sistemas tradicionales a la cultura local. Este hecho implicó un retraso notable para que las familias empezasen a utilizar los nuevos baños, por lo que fue necesario llevar a cabo un proceso especialmente intenso de sensibilización y capacitación para lograr la verdadera apropiación de la tecnología. Cabe destacar que en este proceso, la involucración de los niños fue fundamental, dado que fueron ellos quienes más rápidamente se adaptaron a la nueva tecnología, motivando al resto de la familia.

**Fotografía 69: Exterior de baño ecológico seco (BES)**



**Fotografía 70: Interior de baño ecológico seco (BES)**



- **BAÑOS DE ARRASTRE HIDRÁULICO**

Complementario a los servicios de saneamiento de las viviendas, se construyó un sistema de arrastre hidráulico para los baños de la escuela. Este sistema está formado por 6 aparatos sanitarios, cuyas aguas negras son tratadas en un biodigestor. Así, los lodos pueden ser reutilizados como fertilizante, mientras que el resto de residuos se vierten a un pozo de infiltración para minimizar su impacto sobre el medio ambiente.

Este tipo de baños fueron seleccionados debido a su mayor facilidad de operación y mantenimiento, el cual podría ser complicado de organizar en una escuela, así como su mayor nivel de higiene, teniendo en cuenta que se disponía de un servicio adecuado de agua.

De nuevo, la sustitución del sistema de saneamiento convencional implicó un cambio de hábitos, para lo cual hubo que desarrollar un proceso de educación sanitaria con alumnos y profesores. No obstante, igual que ocurrió en los baños ecológicos secos, los niños mostraron una facilidad mayor para adaptarse a los cambios.

**Fotografía 71: Módulo de baños y detalle de inodoro de arrastre hidráulico**



- **SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS**

En Pucará se instalaron sistemas solares térmicos con colector de placa plana de circuito abierto y con circulación natural, dotando de agua caliente a las viviendas para poder ducharse, lavarse las manos y los utensilios de cocina de forma más segura, reduciendo los riesgos de enfermedades.

En este caso, estos sistemas se instalaron asociados a los baños, tanto a los ecológicos secos domiciliarios, como a los de arrastre hidráulico de la escuela. Así, en ambos casos, se consideró la instalación de una única infraestructura en cada caso, minimizando costes, reduciendo las necesidades de espacio y simplificando la gestión aguas residuales, haciéndolo de forma conjunta en un pozo de infiltración.

Debido a limitaciones presupuestales se instalaron 19 sistemas domiciliarios que dan servicio a una ducha y un pozo lavadero, y 2 sistemas en paralelo ubicados en la institución educativa que abastecen agua caliente sanitaria a 4 o 2 duchas y las piletas para lavado de manos. Obviamente, las familias beneficiarias de estos sistemas fueron las mismas que en el caso de los BES, siguiendo un único proceso de selección.

De nuevo, la inclusión de esta tecnología supuso un fuerte cambio en los hábitos de higiene de la población. No obstante, esta tecnología tuvo un fuerte y rápido impacto en las condiciones de vida de las personas, lográndose elevados niveles de apropiación de la tecnología en un breve lapso de tiempo.

**Fotografía 72: Sistema solar térmico para ducha de vivienda compartiendo estructura con BES y sistema solar térmico con 2 placas planas en paralelo en centro educativo**



- **SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS**

Finalmente, se realizó una campaña de sensibilización y capacitación para la realización de una correcta gestión de residuos familiares. Con ello, se logró la dedicación de un espacio de la vivienda para realizar una separación selectiva de residuos en los hogares, construyendo pozos para depositar los residuos de forma controlada y evitar riesgos mayores de contaminación.

**Fotografía 73: Pozos de selección de residuos**

- **SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS**

Finalmente, se realizó una campaña de sensibilización y capacitación para la realización de una correcta gestión de residuos familiares. Con ello, se logró la dedicación de un espacio de la vivienda para realizar una separación selectiva de residuos en los hogares, construyendo pozos para depositar los residuos de forma controlada y evitar riesgos mayores de contaminación.



### **MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA**

En cuanto al mejoramiento de las viviendas, en la comunidad de Pucará se consideró la instalación de Biodigestores, Muros Trombe y Cocinas Mejoradas, cuyos procesos y resultados se describen en los apartados siguientes.

- **BIODIGESTORES TUBULARES UNIFAMILIARES**

El proyecto contemplaba la instalación de biodigestores tubulares unifamiliares con invernadero en forma de cúpula. No obstante, debido a limitaciones de presupuesto, solo se instalaron 5 sistemas.

Para maximizar la sostenibilidad de este tipo de biodigestores, una correcta identificación inicial de las familias beneficiarias es fundamental. Por esta razón, en este proyecto se emplearon unos estrictos requisitos mínimos que se deberían cumplir para acceder a la tecnología:

- ★ Contar con una cantidad de ganado vacuno mayor a 10 vacas.
- ★ Tener la cocina cerca de la vivienda.
- ★ El ganado debe ser pastoreado cerca de la vivienda.
- ★ Estar dispuesto a aportar una contrapartida en términos económicos (200 Nuevos Soles) y mano de obra no calificada.
- ★ Participar activamente en el proceso de capacitación.

Tras una visita a cada una de las familias interesadas, se identificaron 11 familias que cumplían con los requisitos establecidos. De nuevo, el proceso de selección de las familias beneficiadas estuvo a cargo de la propia comunidad, empleando criterios análogos al caso de los BES.

Para la instalación de los biodigestores, se estableció un proceso conjunto entre la familia beneficiaria y el técnico especializado, de forma que la familia beneficiaria se capacitaba a medida que avanzaba la instalación de los sistemas. De esta manera, se consiguió un elevado nivel de apropiación de la tecnología por parte de los usuarios, maximizando su sostenibilidad y la mejora en las condiciones de vida.

**Fotografía 74: Biodigestor tubular unifamiliar**



- **COCINAS MEJORADAS**

Dado que los biodigestores en el ámbito altoandino solo producen biogás para cocinar durante un promedio de 3 horas diarias y solo una minoría de las familias disponía de estos sistemas, resultó imprescindible la instalación de cocinas mejoradas para complementar los beneficios de los biodigestores. Debido al elevado impacto de este tipo de sistemas sobre la salud de las personas, especialmente de las mujeres, se instalaron cocinas mejoradas en todas las viviendas de la comunidad.

De nuevo, este tipo de sistemas supuso un cambio en las costumbres de cocina locales, por lo que se implicó especialmente a las mujeres en los procesos de construcción de las cocinas y se las capacitó de forma individual, tanto en esta fase inicial como a lo largo del proceso de seguimiento individualizado que se llevó a cabo durante los 4 primeros meses de uso de la tecnología.

En este caso, la población se apropió enormemente de la tecnología. Prueba de ello es que incluso se han realizado innovaciones a la misma en varios domicilios.

**Fotografía 75: Cocina mejorada con una bancada adicional para mayor comodidad**



- **MUROS TROMBE**

Complementariamente a los sistemas anteriores, se instalaron muros Trombe inclinados con plástico de invernadero, para mejorar la temperatura en el interior de las viviendas. Se consideró la instalación de estos sistemas en los dormitorios, por lo que era requisito indispensable para instalar estos sistemas que una de las paredes del dormitorio estuviera orientada al norte, que tuviera unas dimensiones suficientes y que no hubiera obstáculos que produjeran sombras. Según estos criterios, solo existían 6 viviendas en las que se podía instalar este tipo de sistema, instalando un muro Trombe en cada una de ellas.

De forma análoga a como se procedió con los biodigestores, se estableció un proceso conjunto entre la familia beneficiaria y el técnico especializado, realizando la capacitación de los usuarios durante la instalación de los sistemas. En este caso, debido a la sencillez de la tecnología y su buen funcionamiento, no hubo problemas para lograr una rápida apropiación de la tecnología por parte de las familias.

**Fotografía 76: Muro trombe**



## 2.4 Modelo de gestión

El modelo de gestión implementado en el proyecto toma como base tanto el modelo establecido y normado para la gestión de sistemas de agua y saneamiento, donde las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) son las protagonistas, así como el modelo de gestión microempresarial de servicios eléctricos, desarrollado por Soluciones Prácticas (antes ITDG) para el servicio de energía, donde la microempresa o unidad de servicios eléctricos (USER) es la responsable de la gestión.

El modelo de gestión parte de la preocupación por dar sostenibilidad a un conjunto de tecnologías implementadas por el proyecto (microcentral hidroeléctrica, paneles solares, muros trombe, biodigestores, sistema de agua potable, baños ecológicos secos, termas solares y cocinas mejoradas) que, concentradas en una sola comunidad, requieren de un trato especial. Tomando en cuenta las dos instancias ya existentes en la comunidad para la gestión de servicios (JASS y USER), así como las dificultades que implica configurar una nueva organización para la gestión de las tecnologías y servicios, se realizó un análisis de las tecnologías que serían gestionadas con el apoyo de la USER y la JASS, clasificándolas en dos grupos: Energía y Agua y Saneamiento.

- **Sobre la clasificación de las tecnologías en el modelo de gestión**

Para dicha clasificación, se tomaron en cuenta dos criterios: 1) Tipo de servicio o beneficio que obtiene la familia de la tecnología; 2) Facilidad o posibilidad de la USER o JASS para el acompañamiento a las familias. Aún cuando las termas solares y cocinas mejoradas, tienen una estrecha relación con el tema energía, éstas se asignaron a la JASS tomando en cuenta, para el caso de las termas solares, por un lado, el beneficio de agua caliente sanitaria, considerado como un servicio de saneamiento y, por otro, que los integrantes del consejo directivo ya disponen del conocimiento necesario para realizar los trabajos de mantenimiento y reparación de sistemas similares; y, para el caso de cocinas mejoradas, su acercamiento hacia las familias en la promoción de la salud, trabajo que se realiza en coordinación con el establecimiento de salud de El Regalado, a cuya jurisdicción pertenece la comunidad de Pucará.

- **Sobre la capacitación como estrategia para la implementación del modelo de gestión**

La implementación del modelo de gestión tiene como principal estrategia el desarrollo de capacidades locales. Dichas capacitaciones se han desarrollado principalmente en campo, dirigidas a tres tipos de público objetivo: beneficiarios, operadores/administradores de la USER y Consejo Directivo de la JASS. Para ello, se ha hecho uso de diversos materiales de capacitación (cartillas, afiches, pancartas, etc.), poniendo especial énfasis en el fortalecimiento de capacidades prácticas.

A continuación se describen brevemente los puntos clave desarrollados para cada tipo de público objetivo:

- **Beneficiarios:** Aprovechamiento de la tecnología (ventajas y desventajas), cuidado y mantenimiento básico de las tecnologías.
- **Operadores/administradores de la USER:** Operación y mantenimiento de las tecnologías, aspectos administrativos (contabilidad básica, rendición de cuentas)
- **Directivos de la JASS:** Operación y mantenimiento de las tecnologías, aspectos administrativos (contabilidad básica, rendición de cuentas)

Como parte de las capacitaciones, se ha transferido también a los operadores/administradores de la USER y directivos de la JASS, conocimientos respecto a los proveedores de materiales e insumos para la reposición de los sistemas, para que sean capaces de hacer frente a las tareas de mantenimiento correctivo de los sistemas de forma autónoma.

### 2.4.1 Objetivo del modelo

Promover la sostenibilidad de los servicios de energía, agua y saneamiento en la comunidad Pucará, mediante el aprovechamiento de los recursos naturales y humanos locales y la adecuada gestión de las tecnologías implementadas por el proyecto.

### 2.4.2 Actores que intervienen en el modelo

#### ACTORES INTERNOS

- **Concejo Directivo de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS)**

En el artículo N° 173 del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento (Ley N° 26338), se establece que los servicios de saneamiento en los centros poblados del ámbito rural podrán ser prestados a través de organizaciones comunales. El funcionamiento de dichas organizaciones se regirá por los reglamentos respectivos que emita el ente rector y, cuando corresponda, por las normas contenidas en el Código Civil. El Consejo Directivo es la instancia responsable de la administración de la JASS.<sup>18</sup> Tiene la finalidad de asegurar la calidad de los servicios y una buena gestión y administración.

<sup>18</sup>Organización Panamericana de la Salud y COSUDE, Lima 2005. Guía para juntas administradoras de agua y saneamiento (JASS) y entidades afines

Sus miembros son elegidos por la Asamblea General por un periodo de dos años y son responsables de manera conjunta de las decisiones que tomen. Los miembros del concejo directivo son:

- ★ El Presidente
- ★ El Secretario
- ★ El Tesorero

- **Microempresa o Unidad de Servicios Eléctricos (USER)**

Para el caso específico de Pucará se ha definido con el nombre de Unidad de Servicios Eléctricos (USER). Conformada actualmente por dos pobladores de la comunidad. Es quien se responsabiliza por la gestión de los sistemas energéticos. Ha sido seleccionada mediante concurso público y abierto.

Se ha aplicado una estrategia diseñada y probada con éxito en otros proyectos implementados por Soluciones Prácticas para la gestión de servicios eléctricos. La estrategia consiste en convocar a un concurso en iguales condiciones a aquellas personas (previamente capacitadas) que estén interesadas en ser los operadores del sistema.

- **Unidad de fiscalización**

Esta unidad se ha configurado sobre la base del comité de electrificación conformado para la implementación del proyecto, al mismo que se ha sumado la participación del presidente del concejo directivo de la JASS y un docente de la institución educativa de la comunidad.

La unidad de fiscalización de Pucará está conformada por: las autoridades (teniente gobernador y agente municipal), un representante de los usuarios, el presidente de la JASS y una docente (directora de la IIEE).

- **Usuarios de los servicios de energía, agua y saneamiento**

Es la población que hace uso de los servicios de energía eléctrica de los sistemas instalados, así como del sistema de agua potable y demás tecnologías implementadas por el proyecto y que han asumido la responsabilidad de pagar por éstos.

### ACTORES EXTERNOS

- **Municipalidad Distrital de Tumbadén**

Es la propietaria de los sistemas, los mismos que son transferidos por Soluciones Prácticas mediante un acta de entrega.

- **Establecimiento de Salud El Regalado**

Dicho establecimiento es actualmente el responsable de atender las necesidades de salud de la población de Pucará, lo cual cambiará luego de la culminación y puesta en funcionamiento del establecimiento de salud de la comunidad. Como parte de sus actividades con la comunidad, el equipo del establecimiento de Salud tiene la responsabilidad de trabajar de cerca y capacitar en determinados momentos (semestralmente como mínimo) a los promotores de salud y responsables de las JASS (comité directivo) de su jurisdicción.

### 2.4.3 Función de los actores

Las funciones de los actores en el modelo de gestión implementado, giran en torno a dos ejes, cuyas bases son la JASS (para los servicios y tecnologías relacionadas al tema de agua y saneamiento) y la Microempresa o Unidad de Servicios eléctricos - USER (para los servicios y tecnologías relacionadas al tema de energía). En torno a estos ejes los actores se involucran y cumplen una determinada función.

Tanto la JASS como la USER, tiene a cargo la operación y mantenimiento de diversas tecnologías, de acuerdo a sus características y tipo de servicio al que aporta.

## En la gestión de los servicios de agua y saneamiento

- **La Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS)**

En la configuración de la JASS, se consideran dos instancias directamente involucradas en la gestión de los servicios de saneamiento, estas son la Asamblea General y el Consejo Directivo.

**Asamblea general:** Es la autoridad máxima de la JASS, la conforman todos los usuarios inscritos en el padrón de asociados. Sus funciones son:

- ★ Aprobar el estatuto, reglamento interno y sus modificaciones.
- ★ Aprobar el plan de trabajo, el presupuesto anual y la cuota familiar.
- ★ Aprobar el informe anual del Consejo Directivo.
- ★ Supervisar y evaluar las actividades realizadas por el Consejo Directivo.
- ★ Designar al Comité Electoral.
- ★ Resolver y sancionar casos de denuncias a miembros del Consejo Directivo y/o asociados.
- ★ Confirmar o revocar las sanciones impuestas por el Consejo Directivo.
- ★ Elegir a los miembros del Consejo Directivo.
- ★ Otras funciones que por su naturaleza le correspondan como máxima autoridad de la JASS.

**Consejo Directivo:** En Pucará el Consejo Directivo de la JASS asumió como parte de sus responsabilidades el trabajo de Administración, Operación y Mantenimiento de los sistemas y tecnologías relacionadas al tema de saneamiento; de manera específica disposición de agua segura, disposición/tratamiento adecuado de excretas humanas, disposición de residuos sólidos y eliminación de humo en la vivienda. Sus funciones se resumen en:

- ★ Administrar los servicios de saneamiento
- ★ Elaborar el plan anual de trabajo, presupuesto y cálculo de la cuota familiar
- ★ Cautelar el patrimonio de la JASS
- ★ Aprobación de la solicitud de inscripción de nuevos socios
- ★ Aplicar sanciones a los asociados
- ★ Contratación de personal
- ★ Supervisión de las obras y mejoramiento del servicio
- ★ Coordinación con diversas instituciones
- ★ Elaboración del informe anual
- ★ Organización de las campañas de limpieza comunal y otras funciones

Los sistemas y tecnologías a su cargo son:

- ★ **Sistema de Agua Potable:** Es responsabilidad del Consejo Directivo de la JASS (CD-JASS) realizar la desinfección del agua mediante un proceso de cloración. Dicha desinfección debe realizarse trimestralmente. Así mismo el mantenimiento del sistema matriz (línea de conducción, reservorio, válvulas, etc.) está a cargo del presidente del CD-JASS.

Los usuarios pagan mensualmente una cuota familiar cuyo monto es de S/. 1.00. Dicho pago está orientado a la compra de insumos para la desinfección del agua, así como para el mantenimiento del sistema matriz y gastos operativos.

- ★ **Pozos lavaderos:** Es responsabilidad del CD-JASS verificar el buen estado de las conexiones y dar el servicio de gasfitería de ser necesario. Este último servicio tiene un costo que depende de la envergadura de la reparación y será cubierto por el usuario.
- ★ **Baños ecológicos secos (BES):** Es responsabilidad del CD-JASS verificar el buen estado de los BES, así como el cumplimiento de la familia en el mantenimiento del mismo.

Frente a alguna avería que podría presentarse eventualmente, son los miembros del CD-JASS quienes podrían dar el servicio o facilitar el acceso a un servicio de albañilería en caso de ser necesario, cuyos costes serían cubiertos por el usuario.

- **Hoyos sanitarios:** Es responsabilidad del CD-JASS verificar el uso de hoyos sanitarios en las viviendas y promover campañas de limpieza en la comunidad, en coordinación con la institución educativa.
- **Cocinas mejoradas:** Es responsabilidad del CD-JASS verificar el buen estado de las cocinas y brindar servicios de reparación en caso de ser necesario. Estos últimos tienen un costo variable en función de la envergadura de la misma, el cual será cubierto por el usuario.
- **Termas solares:** Es responsabilidad del CD-JASS verificar el buen estado de las conexiones y el funcionamiento del sistema. Las reparaciones y servicio de gasfitería tienen un costo que depende de la envergadura de la reparación y será cubierto por el usuario. Es el presidente del CD-JASS quien tiene la capacidad de realizar este trabajo puesto que, junto a algunos jóvenes de la comunidad, han sido capacitados durante la instalación de las termas solares. Así mismo actualmente existen en la ciudad de Cajamarca proveedores y empresas a donde pueden acudir para proveerse de accesorios o solicitar servicio especializado.

**Gráfico 9: Esquema de los servicios gestionados por el CD-JASS**



### Para la gestión de servicios de energía

- **Microempresa de Servicios Eléctricos**

El modelo contribuye a la creación o reforzamiento de la capacidad local y promueve el concepto de empresa en la comunidad.<sup>19</sup>

En los instrumentos de gestión desarrollados con la comunidad (principalmente el reglamento) se detallan las responsabilidades de la USER. Se indican a continuación las principales responsabilidades:

- ★ Realizar una administración eficiente del servicio, incluyendo suministro, facturación y cobros, corte y reposición, así como todas las actividades relacionadas a la operación y mantenimiento del sistema.
- ★ Coordina con la unidad de fiscalización, autoridades y usuarios, para la realización de trabajos de mantenimiento donde sea necesaria la intervención de la comunidad (arreglo de canal, cambio de postes, etc.).
- ★ Socializar a los usuarios la información sobre los reglamentos, las tarifas, y sobre el buen uso de la energía eléctrica, con la finalidad de hacer un uso racional y eficiente de la misma.
- ★ Promueve el uso racional de la energía eléctrica y la extensión de los servicios a los nuevos usuarios.

<sup>19</sup>Sánchez, Teodoro. Organización de servicios eléctricos en poblaciones rurales aisladas/ Soluciones Prácticas – ITDG, Lima 2007.

Los sistemas y tecnologías a su cargo son:

- ★ **Pico central Hidroeléctrica:** Es responsabilidad de la USER realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de todos los componentes del sistema (Obras civiles, equipo electromecánico y redes eléctricas).

Los usuarios del sistema pagan una tarifa mensual que depende del consumo. Hasta 10 kWh/mes las familias pagan S/. 10 Nuevos Soles, tarifa base; si el consumo varía entre 11 y 15 kWh/mes, el costo por cada kWh que supere los 10 kWh/mes es de S/. 0.50 Nuevos Soles; y cuando el consumo es mayor a los 15 kWh, el costo por cada kWh que supere los 15 kWh/mes es de S/.0.30.

- ★ **Paneles solares fotovoltaicos:** Es responsabilidad de la USER realizar el mantenimiento preventivo (mensual), y monitorear el cumplimiento de la familia en el uso adecuado de los equipos y cuidado de los mismos.

Los usuarios de estos sistemas pagan una tarifa mensual de S/. 10.00 Nuevos Soles, debido a que la instalación no permite un consumo superior a los 10 kWh/mes.

- ★ **Muros Trombe:** Es responsabilidad de la microempresa realizar el monitoreo a las familias beneficiarias para asegurar el buen uso de los sistemas así como el mantenimiento de las mismas.

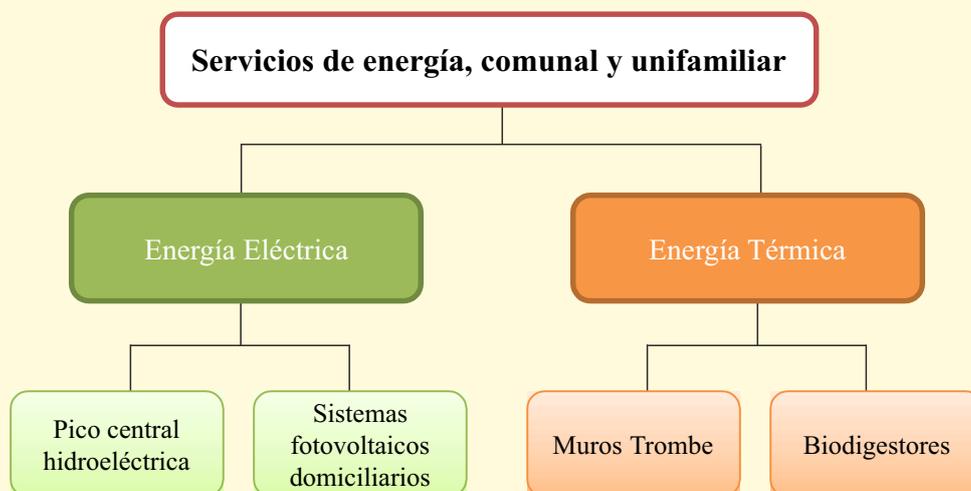
En el caso que la familia requiera de un trabajo extra correspondiente al mantenimiento correctivo del muro Trombe, ésta deberá realizar un pago a la microempresa, el mismo que está en función de la envergadura del trabajo a realizar.

Debido a la sencillez de la tecnología el muro puede ser reparado con materiales de la zona, con la salvedad del plástico de invernadero, para lo cual existen actualmente proveedores en la ciudad de Cajamarca.

- ★ **Biodigestor:** Al igual que los muros Trombe, es responsabilidad de la microempresa realizar el monitoreo a las familias beneficiarias para asegurar el buen uso de los sistemas así como el mantenimiento de los mismos.

En el caso que la familia requiera de un trabajo extra correspondiente al mantenimiento del biodigestor, ésta deberá realizar un pago a la microempresa, el mismo que está en función de la envergadura del trabajo a realizar. Los operadores de la USER han sido capacitados en la operación, mantenimiento y reparación de los sistemas y cuentan con la información necesaria para contactarse con proveedores de materiales como geomembrana y plástico invernadero.

**Gráfico 10: Esquema de los servicios gestionados por la USER**



• **La unidad de fiscalización**

Responsabilidades del Comité de Fiscalización:

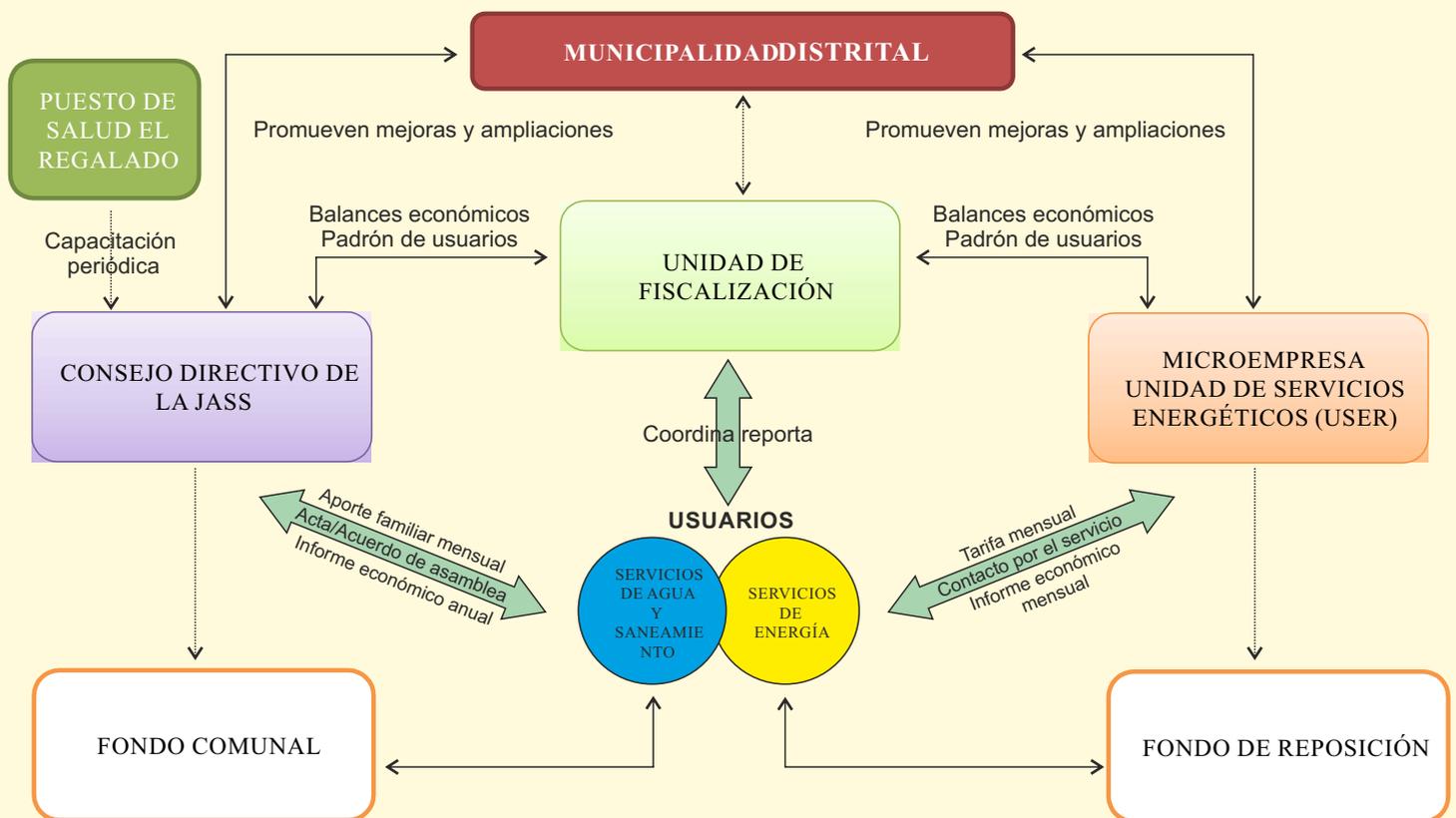
- ★ Ejercer las labores de control y vigilancia necesarias para el cumplimiento de las responsabilidades y obligaciones de cada uno de los otros tres actores internos señalados en el Modelo de Gestión (CD-JASS, USER, Usuarios).
- ★ Tiene como rol fundamental la fiscalización de los servicios en agua, saneamiento y energía. Actúa en forma imparcial y su labor de control debe estar completamente alejada de los asuntos políticos.
- ★ Ejerce su labor de fiscalización por iniciativa propia o por reclamos de los usuarios, de la empresa o de la propietaria; debido al mal servicio, al mal trato u otros.

• **Los usuarios**

Responsabilidades de los usuarios:

- ★ Pagar oportunamente por el consumo de agua potable y energía eléctrica.
- ★ Hacer un uso responsable y eficiente del agua y la energía eléctrica.
- ★ Velar por la preservación de los sistemas de servicios de eléctricos, así como de agua y saneamiento.
- ★ Asistir a reuniones convocadas por los otros actores.
- ★ Informar a la JASS y USER sobre cualquier tipo de fallas o limitaciones que observe en las instalaciones eléctricas domiciliarias y/o públicas.
- ★ Coordinar con la Unidad de Fiscalización sobre posibles mejoras en las actividades de los miembros del Concejo Directivo de la JASS y la USER, y reportar fallas e incidentes.

**Gráfico 11: Esquema general del modelo de gestión implementado.**



## 2.5 Lecciones aprendidas y recomendaciones

El proyecto descrito ha supuesto un hito en la promoción de las Tecnologías para el Desarrollo Humano en la sierra andina, al haber conseguido aglutinar un amplio espectro de alternativas tecnológicas en una misma comunidad, habiendo logrado organizar y capacitar a la población, de forma que la apropiación de las tecnologías implementadas ha supuesto una verdadera transformación de su realidad y sus condiciones de vida.

No obstante, la elevada complejidad del proyecto ha supuesto un reto en cuanto al trabajo de tipo social necesario para diseñar e implementar un modelo de gestión comunitario exitoso. En primer lugar, se ha elaborado un plan de capacitación muy exhaustivo, incidiendo fuertemente en el desarrollo de capacidades técnicas y organizativas. En segundo lugar, se ha hecho especial hincapié en fomentar liderazgos que promuevan la implicación de las familias en las distintas actividades del proyecto, logrando maximizar sus niveles de participación. En tercer lugar, se ha logrado involucrar a la población en las tareas de construcción e instalación de los sistemas, lo cual ha supuesto un proceso de apropiación de la tecnología por parte de los usuarios que garantiza la sostenibilidad de los mismos. Finalmente, no siempre existe voluntad de pago por parte de las familias, aun cuando ese pago sirva para asegurar un correcto mantenimiento de sus sistemas, por lo que se ha puesto especial énfasis en concienciar a la población respecto a la necesidad de disponer de un fondo comunal para hacer frente a los posibles gastos que puedan aparecer en el futuro.

Con todo, se trata de un proyecto innovador que pretende ser replicado por otras instituciones, de forma que se puedan reducir los niveles de pobreza en la zona rural de la sierra peruana.

## ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN EN CAPITALES DISTRIALES RURALES CON MENOS DE 2000 HABITANTES – CCR CARE –COSUDE

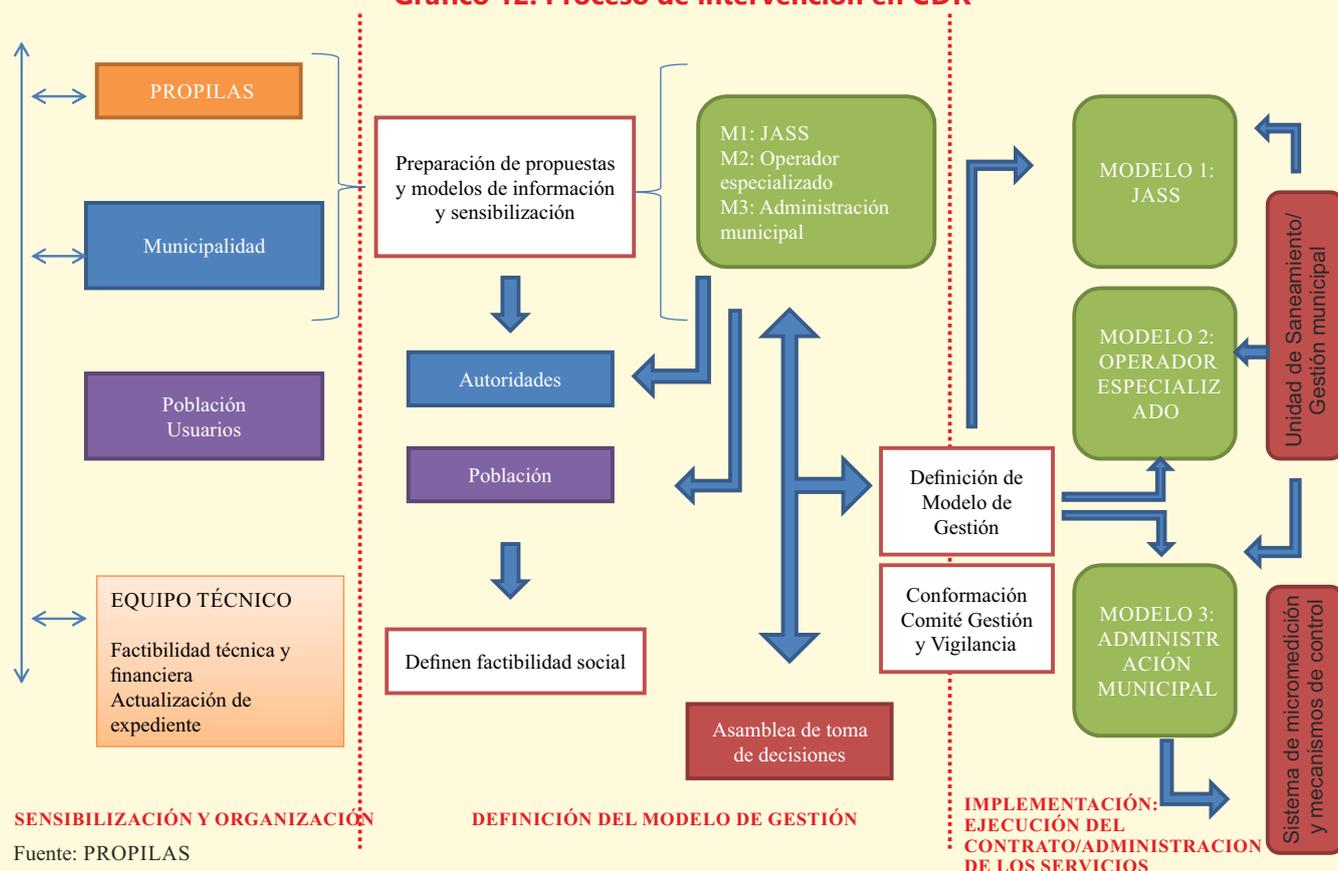
Si bien este estudio de caso corresponde a un proyecto de la ONGD CARE, junto con la financiera suiza COSUDE, éste ha sido incluido en esta publicación debido a su carácter innovador y el éxito que ha logrado en la gestión de sistemas de agua potable.

El análisis realizado por el equipo PROPILAS, sobre la débil gestión e inadecuadas condiciones de los servicios de Ayuntamientos en las capitales distritales rurales con menos de 2000 habitantes, y la constatación de la poca atención por el Estado frente a las necesidades de rehabilitación de sus servicios, conllevó al equipo a desarrollar estrategias para la atención en este tipo de poblaciones. La experiencia se validó de manera concertada con los gobiernos locales de los distritos de Ichocán y José Sabogal (provincia de San Marcos - Cajamarca).

### 3.1 Proceso desarrollado en la intervención en CCR

La estrategia de intervención tuvo tres fases, como se muestra en la figura siguiente:

**Gráfico 12: Proceso de intervención en CDR**



#### Fase de sensibilización y organización de autoridades municipales y población

El equipo PROPILAS brindó información detallada sobre los compromisos a ser asumidos por las autoridades municipales y la población, para intervenir en las capitales distritales. Esto se realizó mediante un proceso participativo con la presencia de autoridades municipales, los sectores salud y educación, los comités de los barrios, la JASS, entre otros; producto de ello, se suscribió un convenio entre las municipalidades distritales y CARE PERÚ para la implementación del modelo de gestión.

### Cuadro 2: Compromisos de las Municipalidades

- Ejecutar el proyecto a través de una empresa contratista, asumir la supervisión de los procesos educativos y la infraestructura durante la etapa contractual.
- Supervisar los servicios instalados y dar asistencia técnica a la organización/operador que administra los servicios post ejecución.
- Evaluar y aprobar la factibilidad técnica, social, financiera y ambiental de los proyectos de AyS para su ejecución.
- Implementar el sistema de micro medición.
- Aceptar la propuesta de co-financiamiento: CARE-COSUDE: 50% y el aporte local 50% (municipalidad + población).
- Disponer de capacidad financiera o de gestión para el cofinanciamiento del proyecto.
- Establecer mecanismos que garanticen el aporte en efectivo y oportuno para cofinanciar el proyecto (cuenta mancomunada exclusiva para el proyecto).

Así mismo, se efectuó un diagnóstico situacional rápido en ambas localidades, lo que permitió conocer la situación inicial de los servicios y las percepciones de la población sobre estos problemas.

#### Fase de definición del modelo de gestión

A partir de la evaluación técnica, financiera y social se definió la viabilidad de los proyectos. Esto se efectuó con un equipo, conformado por el personal del área técnica de las municipalidades y por el equipo PROPILAS. Posteriormente, se mostraron los modelos de gestión establecidos según Ley,<sup>20</sup> para la prestación de servicios de saneamiento en pequeñas localidades, estos fueron presentados y discutidos en asambleas, con participación de las autoridades municipales y la población. La decisión de la población, en ambas localidades, fue continuar con las formas de organización existentes para la gestión del servicio de agua potable y saneamiento. En Ichocán se optó por continuar con el modelo de Administración Municipal y se creó la División de Gestión de Servicios de Agua y Saneamiento, contándose con la participación de un Comité de Vigilancia, posteriormente denominado: Junta Vecinal de Supervisión, reconocida oficialmente mediante ordenanza municipal, en la cual se definen los objetivos, fines y el reglamento de funcionamiento; mientras que en Venecia, el modelo elegido fue el de la JASS. En ambos casos, los usuarios del servicio por mayoría, mostraron su conformidad con la instalación de micromedidores.

#### Fase de implementación del modelo de gestión: Ejecución del contrato y administración de los servicios

##### • Adecuación de la organización para la prestación de los servicios

Cada municipalidad distrital adecuó su estructura orgánica e instrumentos normativos de gestión en AyS de acuerdo al modelo elegido para la prestación del servicio. En Ichocán se creó la División de Gestión de Servicios de Agua y Saneamiento dentro de la Oficina de Servicios Comunales.<sup>21</sup> Así mismo, se acordó que los ingresos provenientes de la prestación del servicio de agua potable serían administrados a través de una contabilidad independiente, destinando los ingresos exclusivamente a la prestación de dichos servicios. En la localidad de Venecia, capital del distrito de José Sabogal, se reactivó y reorganizó la JASS, eligiendo a nuevos miembros del consejo directivo, fortaleciéndose las capacidades de los integrantes en aspectos técnicos, operativos, legales y administrativos, además de elaborarse instrumentos de gestión. En la municipalidad distrital de José Sabogal, se creó la Oficina de Saneamiento, asumiendo la responsabilidad de la gestión distrital de los servicios y la asesoría a la JASS en administración, operación y mantenimiento.

<sup>20</sup>Texto Único Ordenado de la Ley General de Servicios de Saneamiento D.S. 023-2005-Vivienda; Ley Orgánica de Municipalidades, artículo 80; y el Decreto Supremo No 016-2005- VIVIENDA. Las opciones son: Operador Especializado; Administración Directa de la Municipalidad, y Organizaciones Comunales (JASS).

<sup>21</sup>Mayor detalle: Ver: Municipalidad Distrital de Ichocán, Provincia de San Marcos, Región Cajamarca.

- **Selección de contratistas y ejecución de contrato**

La infraestructura fue licitada bajo el marco normativo de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado. A efectos de realizar la ejecución y supervisión de los procesos educativos, ambas municipalidades seleccionaron a personal especializado de la EPILAS. El equipo PROPILAS asumió un rol de acompañamiento y asesoría técnica para la implementación de los modelos de gestión en la ejecución de los proyectos. Se desarrollaron los siguientes pasos:

- ★ **Infraestructura**

En Ichocán, la obra de infraestructura del servicio de agua potable (etapas 1 y 2)<sup>22</sup> fue ejecutada durante aproximadamente 11 meses por la magnitud y complejidad del sistema; y en Venecia en 4 meses. La supervisión en Ichocán fue realizada a través de personal acreditado por EPILAS y contratado por la municipalidad distrital, y en Venecia se llevó a cabo por el personal del área técnica de esta municipalidad.

- ★ **Capacitación en Administración Operación y Mantenimiento (AOM)**

Esta fue adaptada a las particularidades del modelo de gestión de servicios seleccionado. En Ichocán, se enfatizaron aspectos administrativos, técnico-operacionales y de mantenimiento, dirigido a los miembros de la División de Gestión de Servicios AyS de la municipalidad. Paralelamente a ello, esta División, con participación activa de la Junta Vecinal de Supervisión, y la asesoría del PROPILAS, elaboró el Reglamento para la Administración de los Servicios, estableciéndose montos diferenciados para la cuota mensual, según la categoría de consumo (Ver Cuadro siguiente). En Venecia, el fortalecimiento de capacidades estuvo dirigido a la JASS y usuarios en general, considerando aspectos organizativos, administrativos y técnico-operacionales; la cuota familiar establecida fue de S/.2.50 mensual, la que no incluye los costos de remuneración por la operación y mantenimiento, debido a que la JASS realiza estas actividades de manera voluntaria. Las diferencias entre los montos de las cuotas<sup>23</sup> mensuales en las dos localidades, se debe a que en Ichocán el reservorio tiene una capacidad de 96 m3 requiriéndose de mayores insumos para la limpieza y desinfección, además existe una División de Gestión con personal calificado y remunerado; sin embargo, en Venecia el SAP es más pequeño (reservorio de 12 m3), los insumos requeridos son en menor cantidad y la operación y mantenimiento fue asumida por el Consejo Directivo de la JASS con participación comunal.

**Tabla 12: Cuota según categoría de consumo en Ichocan**

Categoría	Consumo máximo (En m3)	Cuota mensual	Pago de exceso (S/. Por m3)
Social	10	3.00	(*)
Doméstica	14	5.00	5,00
Comercial	14	7.00	10,00
Institucional	Multiplicar el consumo en m3 x factor + Cuota doméstica		

\* Si consume más de 10 m3, se aplicará el costo de la categoría inmediata superior

- ★ **Educación Sanitaria**

El diagnóstico rápido sobre comportamientos sanitarios de la población en las dos localidades, permitió identificar nivel de conocimientos, actitudes y prácticas. Los resultados del diagnóstico indicaron que, la población de las capitales distritales se encontraba en relativa

<sup>22</sup>La ejecución del proyecto de agua y saneamiento está previsto en tres etapas, el gobierno local gestionará la tercera etapa.

<sup>23</sup>El Texto Único Ordenado –TUO–: Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento, Ley N° 26338, establece que: (i) Cuota, es la retribución que hacen los usuarios de los servicios de saneamiento de una pequeña ciudad; (ii) Cuota familiar, retribución que hacen los usuarios de los servicios de una localidad del ámbito rural; y (iii) Tarifa, es el precio que cobran las EPS como contraprestación por los servicios de saneamiento que prestan.

ventaja frente a los pobladores de comunidades rurales, razón por la cual se tomó la decisión de replantear el tiempo de la propuesta de educación sanitaria y acortar de 12 a 9 meses, el periodo de su ejecución. La difusión de mensajes educativos se realizó de manera directa por el facilitador, a través de visitas domiciliarias, y se complementó con los medios de comunicación masivos, como, la radio en Venecia y televisión en Ichocán. Así mismo, se realizó un trabajo articulado y coordinado con los sectores salud y educación, fortaleciendo sus capacidades para dar continuidad a la educación sanitaria y hacer el seguimiento respectivo. Al término de la ejecución, se obtuvieron los resultados que se muestran en el siguiente Cuadro.

**Tabla 13: Resultados de la ejecución de los proyectos integrales de AyS**

Resultados de la intervención en proyectos integrales de AyS en CDR con menos de 2000 Habitantes																		
Provincias	Municipalidades distritales	N° Familias	75% de familias que consumen agua de calidad		70% mujeres lavan manos después de usar la letrina y antes de comer		70% mujeres lavan las manos antes de preparar alimentos		75% familias usan adecuadamente la letrina		75% familias mantienen adecuada la letrina		50% familias disponen adecuada las basuras		75% familias eliminan adecuadamente las aguas grises		EDAs en los últimos 15 días	
			Q	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F
			%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
San Marcos	Ichocán	121	46,0	86,0	36,0	92,0	10,3	100,0	59,5	89,0	17,0	86,0	35,0	94,0	57,0	97,0	23,0	0,0
	Venecia (José Sabogal)	117	1,2	97,0	11,8	100,0	17,6	100,0	11,0	93,0	11,0	93,0	32,9	97,0	9,8	93,0	7,0	2,0

Fuente: Informes anuales del componente de Educación Sanitaria, 2007-2008

El número de familias corresponde a las familias permanentes y que participaron en el proceso de capacitación

• **Gestión y administración de los servicios de Agua y Saneamiento**

Dada la escasez de recursos económicos y de personal de la municipalidad de Ichocán para llevar a cabo el funcionamiento de la División de Gestión, se tuvo que asignar a personal administrativo de la municipalidad, el cual comparte su tiempo con otras actividades; además, se contrató a un técnico operador, responsable de la operación, mantenimiento y lectura de medidores (tiempo completo)<sup>24</sup>. Esta División maneja una contabilidad independiente de los otros servicios que presta la municipalidad distrital, para ello, se implementó el software denominado "Sistema Integral de Gestión Municipal – SIGMU", que registra las lecturas del consumo de agua y emite los recibos respectivos. En Venecia, con el apoyo de la Unidad Municipal de Saneamiento, se diseñó una base de datos en Excel, en el cual la JASS registra las lecturas del consumo de agua, emitiéndose los recibos de forma manual.

• **Control y vigilancia de los servicios**

La Junta Vecinal de Supervisión y el Consejo Directivo de las JASS, asumieron la tarea de vigilar y fiscalizar la eficiente administración de los servicios de AyS, teniendo como instrumentos de gestión los reglamentos y ordenanzas que respaldan y legitiman su labor; así mismo, velan por la operatividad de la micromedición, el pago oportuno de las cuotas, y el buen uso del agua, todo lo cual contribuye al logro de la sostenibilidad del SAP.

**3.2 Costos de la intervención en CCR**

El costo total de rehabilitación de la intervención en ambas localidades fue de US \$222 798,66; CARE-COSUDE aportó 59.29% en Ichocán y 67.66% en Venecia. En el caso de Ichocán, las municipalidades distrital (Ichocán) y provincial (San Marcos), aportaron conjuntamente como contrapartida local el 40.7%. Respecto a Venecia, la municipalidad distrital de José Sabogal, aportó 32.34% del costo total (Ver tabla 14).

<sup>24</sup>El pago efectuado al personal de dicha División se realiza a través de los ingresos percibidos por las cuotas del uso del servicio de agua potable.

El costo per cápita promedio en Ichocán es de US\$ 172.2 y en Venecia de US\$ 82.1 (Ver tabla 15). Si bien, la política financiera establecía un aporte de cofinanciamiento de 50% CARE-COSUDE y 50% la Municipalidad, éste se modificó (Ver tabla 14), debido a la inclusión de los costos indirectos de asesoramiento técnico por parte del personal de PROPILAS y gastos de logística, que en promedio representaron el 33% del costo total de los proyectos.

**Tabla 14: Aportes al cofinanciamiento en la rehabilitación de proyectos en CDR**

Aportes al cofinanciamiento en la rehabilitación de proyectos en CDR con menos de 2000 habitantes (incluye costos directos e indirectos)									
Fuentes de cofinanciamiento	Ichocán			Venecia (José Sabogal)			Total		
	Monto en S/.	Monto en US \$	%	Monto en S/.	Monto en US \$	%	Monto en S/.	Monto en US \$	%
<b>CARE-COSUDE</b>	262.209,39	87.403,13	59,29	153.018,95	51.006,32	67,66	415.228,35	138.409,45	62,12
<b>Municipalidad Distrital</b>	70.023,24	23.341,08	15,83	73.144,38	24.381,46	32,34	143.167,62	47.722,54	21,42
<b>Municipalidad Provincial</b>	110.000,00	36.666,67	24,87				110.000,00	36.666,67	16,46
<b>Total</b>	442.232,63	147.410,88	100,00	226.163,33	75.387,78	100,00	668.395,96	222.796,66	100,00

Tipo de cambio: US\$ 3.0. Fuente: Reportes de liquidaciones técnico-financieros de CARE-MD, 2008

**Tabla 15: Costo directo total por componente y costo per capita en CDR**

Componentes	Ichocán		Venecia	
	121 Fam		98 Fam.	
	Costo Total		Costo Total	
	S/.	%	S/.	%
<b>Infraestructura</b>	283.436,25	90,67	96.682,55	80,11
<b>AOM</b>	10.603,26	3,39	10.603,26	8,79
<b>Educación Sanitaria</b>	12.600,00	4,03	12.000,00	9,94
<b>Sup. Proc. Educativos</b>	5.950,00	1,90	1.400,00	1,16
<b>Total S/.</b>	312.589,51	100,00	120.685,81	100,00
<b>Total US\$</b>	172,20		82,10	

Fuente: Reportes de liquidaciones técnicos - financieros de CARE-MD, 2008

\*Incluye supervisión de infraestructura

### 3.3 Resultados

- Validación de dos modelos de gestión de servicios de agua potable para CCR con menos de 2000 habitantes:
  - ★ Ichocán: Administración Municipal, se crea la División de Gestión de Servicios de AyS.
  - ★ Venecia: Administración por la JASS, se crea la Unidad Municipal de AyS –UMAS.
- 2 sistemas de agua potable rehabilitados y mejorados con la instalación de micromedidores: Ichocán: 241 y Venecia: 98.
- Continuidad del servicio:
  - ★ Ichocán: De 1 – 2 hrs. a 24 hrs. (antes);
  - ★ Venecia: De 3 – 5 hrs. a 24 hrs. (actual).

- Costos del servicio de agua potable:
  - ★ Ichocán (cuota): S/. 2.00 (antes) a S/. 5.00 (actual);
  - ★ Venecia (cuota familiar): De S/. 1.00 (antes) a S/. 2.50 (actual).
- Reducción de la tasa de morosidad en el pago del servicio:
  - ★ Ichocán: De 70% (inicio) a 23% (primer mes de pago).
  - ★ Venecia: De 92.6% (inicio) a 14.03% (primer mes de pago).
- Costo per cápita promedio:
  - ★ Ichocán: US\$ 172.2
  - ★ Venecia: US\$ 82.1
- 100% de usuarios muestran satisfacción por la calidad del servicio de agua potable.
- Reducción de prevalencia de EDAs en menores de 5 años.
  - ★ Ichocán: Inicio (23%), Final (0%).
  - ★ Venecia: Inicio (7%), Final (2%).

### 3.4 Lecciones aprendidas y recomendaciones

- La mejora de la calidad en la prestación de servicios se respalda en la institucionalización y legitimidad de los modelos de gestión, igualmente en contar con una infraestructura adecuada y en el cumplimiento de los compromisos de los usuarios y administradores del servicio; para ello, es fundamental que las autoridades municipales asuman el liderazgo y que la toma de decisiones expresen su voluntad política de cambio y superación de los problemas de AyS.
- Una muestra de la efectiva voluntad política de los alcaldes de Ichocán y Venecia para superar las limitaciones de gestión en AyS, ha sido mantener algunas decisiones que a primera vista fueron impopulares y generaron resistencia en parte de la población; no obstante, finalmente hicieron posible avanzar hacia la sostenibilidad del servicio de agua potable: (i) Implementar el sistema de micromedición del consumo; (ii) Fijar tarifas o cuotas que permitan cubrir los costos de operación y mantenimiento; y (iii) No aceptar la condonación de deudas anteriores.
- La adopción de la micromedición ha traído como consecuencia, la optimización y uso racional del servicio de agua potable, por parte de la población; así mismo, la entrega de información oportuna y transparente sobre la estructura de costos del servicio de agua potable ha disminuido el índice de morosidad en el pago.
- La población al experimentar el beneficio de una mejora tangible en la calidad del servicio, adopta un nuevo enfoque en el uso del recurso agua, así como, la generación de una cultura de pago por dicho servicio.
- Es importante que los prestadores de servicios de AyS, desarrollen un trabajo de información, comunicación y educación dirigida a la población, para lograr que se involucren en la vigilancia y control del buen uso del agua, paguen oportunamente la cuota establecida, y conozcan sus deberes y derechos.

