



# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

## ÁREA TÉCNICA

### TITULACIÓN DE INGENIERO CIVIL

**"Tecnologías apropiadas en dotación de agua y saneamiento  
para comunidades rurales"**

**Trabajo de fin de Titulación**

**Autor:**

Torres Castro, Max Vicente.

**Director:**

Pineda Puglla, Edgar Iván, .

**Loja – Ecuador**

**2013**



## Certificación

Ing.

Edgar Iván Pineda Puglla

DIRECTORA DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

### CERTIFICA:

Que el presente trabajo, denominado: **“Tecnologías apropiadas en dotación de agua y saneamiento para comunidades rurales ”** realizado por el profesional en formación: Torres Castro Max Vicente; cumple con los requisitos establecidos en las normas generales para la Graduación en la Universidad Técnica Particular de Loja, tanto en el aspecto de forma como de contenido, por lo cual me permito autorizar su presentación para los fines pertinentes.

Loja, Junio 2013

---

Ing. Edgar Iván Pineda Puglla

**DIRECTOR**

**CI: 1103992739**



## **Declaración de autoría y cesión de derechos**

Yo, **Torres Castro Max Vicente**, declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 de Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

---

Max Vicente Torres Castro

**CI: 1103956775**



## DEDICATORIA

El presente trabajo es fruto de la abnegación, paciencia y amor de mi familia, sin lo cual hubiera sido imposible culminar mi carrera profesional.

A mi Madre Carmita Margot Castro por el sacrificio y perseverancia en mi formación. Mi padre Máximo Vicente Torres por el conocimiento, valores y principios brindados hasta el día de hoy, mis hermanas Paulina y Anita por la confianza depositada imprescindible en mi formación personal

Adicionalmente a Katty compañera que en cierto modo ha estado presente en toda mi vida universitaria.

A ellos, y a todas las personas que me acompañaron durante todos los buenos y malos momentos quiero dedicar este trabajo.

**Maaax.**



## AGRADECIMIENTOS

Deseo dejar constancia del profundo agradecimiento a mi compañero Walter Romero por su ayuda brindada en momentos cruciales de este proyecto, Al Ing. Edgar Pineda por la fe depositada en mí para realizar este proyecto de fin de carrera, además a mis futuros colegas por la ayuda prestada.

A mis padres, hermanas, familia, novia, compañeros y amigos que siempre brindaron su apoyo incondicional para la consecución de este trabajo.



# ÍNDICE GENERAL

## Contenido

<b>1. GENERALIDADES</b>	<b>1</b>
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. ANTECEDENTES	1
1.3. OBJETIVOS	2
1.3.1. OBJETIVO PRINCIPAL	2
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.5. METODOLOGIA	4
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>6</b>
2.1. SISTEMAS CENTRALIZADOS Y DESCENTRALIZADOS EN DOTACIÓN DE AGUA Y SANEAMIENTO.	6
2.1.1. SISTEMAS CENTRALIZADOS.	6
2.1.1. SISTEMAS DESCENTRALIZADOS.	6
2.2. APLICABILIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS APROPIADAS EN DOTACIÓN DE AGUA Y SANEAMIENTO PARA COMUNIDADES RURALES.	7
2.2.1. CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS.	7
2.2.2. ASPECTOS TÉCNICOS.	10
2.2.3. ASPECTOS SOCIALES	11
2.2.4. ASPECTOS ECONÓMICOS	13
2.2.5. MEDIO AMBIENTE	13
2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DESCENTRALIZADOS.	14
2.4. TIPOLOGÍA DE SISTEMAS DESCENTRALIZADOS Y SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS APROPIADAS EN DOTACIÓN DE AGUA Y SANEAMIENTO PARA COMUNIDADES RURALES.	14
2.4.1.1. PERFORACIÓN DE POZO MANUAL	15
2.4.1.2. CAPTACIÓN DE VERTIENTES.	17
2.4.1.3. CAPTACIÓN DE AGUA LLUVIA EN TECHO.	19
2.4.2.1. TANQUE DE FERROCEMENTO	23
2.4.3.1. DUCHA Y LETRINA DE HOYO SECO	29
2.4.3.2. DUCHA Y LETRINA CON ARRASTRE HIDRÁULICO	32
<b>3. ANALISIS Y RESULTADOS</b>	<b>38</b>
3.1. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULO DE DOTACIÓN DE AGUA Y SANEAMIENTO	38
3.2. SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS APROPIADAS DE AGUA Y SANEAMIENTO	38
3.3. EVALUACIÓN DEL MODELO FÍSICO CONSTRUIDO	39



3.3.1.	CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS	39
3.3.2.	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	42
3.3.3.	DUCHA, LETRINA SECA Y ARRASTRE HIDRÁULICO.	43
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>57</b>
<b>5.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>58</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>59</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>60</b>
7.1.	MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS APROPIADAS EN DOTACIÓN DE AGUA Y SANEAMIENTO EN COMUNIDADES RURALES.	60
7.2.	DETALLE FOTOGRÁFICO DEL PROYECTO	60
7.3.	PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO	63



## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla 1. Aspectos técnicos, sociales y económicos en la región costa</b>	<b>7</b>
<b>Tabla 2. Aspectos técnicos, sociales y económicos en la región sierra</b>	<b>8</b>
<b>Tabla 3. Aspectos técnicos, sociales y económicos en la región oriente</b>	<b>9</b>
<b>Tabla 4. Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos</b>	<b>10</b>
<b>Tabla 5. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio</b>	<b>10</b>
<b>Tabla 6. Ventajas y desventajas de los sistemas descentralizados</b>	<b>14</b>
<b>Tabla 7. Ventajas y desventajas de captaciones por perforaciones de pozo manual</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 8. Ventajas y desventajas de captación de vertientes</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 9. Ventajas y desventajas de captación de agua lluvia en techo</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 10. Dosificación de mortero</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 11. Ventajas y desventajas del tanque de ferrocemento</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 12. Costos tanque prefabricado</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 13. Ventajas y desventajas de tanque prefabricado</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 14. Ventajas y desventaja de ducha y letrina de hoyo seco</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 15. Precipitación media mensual de la provincia de Loja</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 16. Volumen de agua de acuerdo con datos hidrológicos</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 17. Costos directos constructivos</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 18. Cantidad de materiales</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 19. Costos directos constructivos</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 20. Cantidad de materiales</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 21. Costos directos constructivos</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 22. Cantidad de materiales pequeño tanque de ferrocemento</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 23. Costos directos constructivos</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 24. Cantidad de materiales lavamanos</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 25. Costos directos constructivos</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 26. Cantidad de materiales inodoro</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 27. Costos directos constructivos</b>	<b>48</b>



<b>Tabla 28. Cantidad de materiales inodoro con arrastre hidráulico</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 29. Costos directos constructivos</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 30. Costos directos constructivos letrina hoyo seco</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 31. Costos directos constructivos letrina de arrastre hidráulico</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 32. Costos directos constructivos</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 33. Costos directos de módulo completo de tecnologías apropiadas</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 34. Costos directos de modulo completo de tecnologías apropiadas</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 35. Materiales de construcción sistema convencional</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 36. Beneficios por ahorro en acarreo de Agua</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 37. Beneficios por ahorro en gastos médicos</b>	<b>56</b>



## RESUMEN

En la actualidad, el crecimiento gradual de los requerimientos de agua para la población, han traído como consecuencia que los recursos hídricos que satisfacen las necesidades de todos los usuarios, resulten ya insuficientes.

En vista de ello, se ha desarrollado este proyecto que tiene como fin diseñar y construir tecnologías apropiadas en dotación de agua y saneamiento para comunidades rurales, para atenuar la falta de servicios básicos y mejorar la calidad de vida de estas comunidades.

La construcción y experimentación de estas tecnologías se los realizó en el campus de la Universidad Técnica Particular de Loja en base a las guías presentadas por la Escuela Móvil de Agua y Saneamiento Básico (EMAS). Además se realizó un manual de construcción, operación y mantenimiento en el que consta todo lo referido a consideraciones de diseño, limitantes, materiales y costos directos de los módulos.

**Palabras claves:** agua, tecnologías apropiadas, servicios básicos, EMAS, sostenible.



## ABSTRACT

Today, the gradual growth of water requirements for the population, have resulted in that water resources necessary for all users, are already inadequate.

With this in mind, we have developed this project which aims to design and build alternative technologies in water provision and sanitation for rural communities to mitigate the absence of basic services and facilitate the life of these communities.

The construction and testing of these technologies were made on the campus of the Universidad Técnica Particular de Loja based on the guidelines presented by the Mobile School for Water and Sanitation (EMAS). We also carried out a construction manual, operation and maintenance which includes everything related to design considerations, limiting, direct costs of materials and modules.

**Key words:** water, alternative technologies, basic services, EMAS sustainable.



## **1. GENERALIDADES**

### **1.1. Introducción**

En el planeta Tierra las tres cuartas partes de la superficie están cubiertas por agua, del cual el 1% se encuentra en estado líquido disponible para el abastecimiento. Pese a esto no todas las poblaciones son dotadas del servicio de agua debido a las dificultades al momento de aprovecharla o a que la calidad no es apta para el consumo.

Los servicios inadecuados de agua y saneamiento recaen sobre los sectores rurales. En el Ecuador el 37% de la población es considerada rural, del total el 28.39 % no recibe agua por tubería sino por otros medios y el 24.62 % tiene letrina o ningún tipo de servicio higiénico o escusado (INEC, 2010); debido a esto las comunidades hacen sus propios y precarios arreglos para satisfacer sus necesidades básicas. Muchos acarrear agua desde lugares lejanos o se ven forzados a pagar precios muy altos por cantidades pequeñas (Bosch, 2013).

A esto se suma la falta de recursos financieros para proyectos de dotación de servicios básicos a la población rural, y obligan a buscar alternativas que involucrando la mano de obra comunitaria permita minimizar costos y generar el cuidado de los sistemas para que perduren en el tiempo; esta es una razón que impulsa el uso de tecnologías apropiadas, especialmente con un componente ecológico.

### **1.2. Antecedentes**

El crecimiento gradual de los requerimientos de agua potable para la población, y las zonas dedicadas a la agricultura con sistemas de riego, han traído como consecuencia que los recursos hídricos que satisfacían las necesidades de todos los usuarios, resulten ya insuficientes. En vista de ello, se ha creado sistemas alternativos que ayuden a resolver de alguna manera estas necesidades.



Contribuyendo a este fin en Bolivia, la Escuela Móvil de Agua y Saneamiento Básico (EMAS), creada por Wolfgang Eloy Buhner en 1990, despliega obras sobresalientes de simples tecnologías como: la perforación de pozos profundos, bombas manuales, captaciones de agua lluvia, tanques de ferrocemento, instalaciones sanitarias y mucho más, que son aprendidas, construidas y reproducidas por los usuarios del sistema (Buchner, 2007).

En Ecuador el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) formuló el Programa de Agua Potable y Saneamiento Rural con el objetivo de mejorar las condiciones de agua potable, saneamiento para comunidades rurales y pequeños municipios mediante la dotación de los servicios, modernización institucional y descentralización de los servicios de agua y saneamiento, creado el 9 de abril del 2007 con el apoyo y desembolso de Banco Mundial (PRAGUAS, 2003).

Muchas de las veces los modelos convencionales implementados no son acordes a las condiciones: topográficas, hidrogeológicas, climáticas, económicas y sociales las cuales no cumplen las condiciones que garanticen las necesidades rurales. A pesar de los avances logrados, todavía existen comunidades rurales relegadas principalmente en la sierra centro, en el oriente e incluso en nuestra provincia donde estos modelos hidráulicos podrían ser la solución para satisfacer necesidades básicas de saneamiento y dotación de agua.

Debemos mencionar que en la provincia de Loja existen lugares carentes de agua superficial, ubicadas sobre potenciales acuíferos no aprovechados apropiadamente, que con el uso de simples tecnologías se podrían satisfacer en parte sus necesidades.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo principal**

- Diseñar y construir tecnologías apropiadas en dotación de agua y saneamiento para comunidades rurales.



### 1.3.2. Objetivos específicos

- Construir dispositivos no convencionales para la dotación de agua y saneamiento.
- Analizar los resultados obtenidos en el proceso constructivo.
- Elaborar un manual de construcción, operación y mantenimiento de cada uno de los módulos implementados.

### 1.4. Justificación

Las poblaciones rurales en busca de servicios sanitarios básicos implementan soluciones no acordes a la normativa de salud, siendo una cantidad importante las personas afectadas.

El proyecto contribuye con alternativas en el diseño de sistemas no convencionales en dotación de agua y saneamiento para las comunidades rurales, tecnologías aplicables en lugares donde el agua y el saneamiento básico no existen, debido a factores: sociales, económicos y políticos.

Dichas tecnologías influyen en el desarrollo de la comunidad estimulando los procesos de participación, aumentando los conocimientos técnicos de sus miembros y creando el sentimiento de apoderamiento de estas tecnologías, las misma que dan lugar a un mayor interés en su mantenimiento, logrando que la comunidad sea capaz de operarla, mantenerla y sostenerla a través del tiempo con un mínimo de apoyo institucional externo, sin embargo, lo contrario ocurre con las tecnologías convencionales no sostenibles que son aplicadas indiscriminadamente sin atender a la problemática de la región. Del uso de unas u otras dependerá enormemente el éxito o fracaso de la acción. (Camacho, 2002).

En el Ecuador el 28% de los hogares rurales no tienen una conexión de agua potable, el 18% no tiene ningún tipo de servicio higiénico o escusado y el 56% no posee una ducha (INEC, 2010)



Por la razones mencionadas anteriormente se ha decidido realizar este proyecto dirigido a las comunidades rurales en el que se plantean alternativas para dotación de agua y saneamiento las cuales sean fáciles de construir y económicos, por lo cual la Universidad Técnica Particular de Loja ha creído conveniente desarrollar este proyecto como parte de la INTRANET y creó el TALLER DE HIDRÁULICA con los materiales y herramientas necesarios para elaborar este proyecto de tesis.

### **1.5. METODOLOGIA**

El presente estudio se basa en criterios técnicos y análisis de variables para dar lugar a una propuesta integradora; a través del cumplimiento de lo indicado en las siguientes fases:

Fase 1: Recopilar información.

- Investigar y clasificar material teórico, estudios anteriores, bibliografía y lo referente a conocimientos necesarios.
- Reconocer la zona de estudio, ubicar el proyecto y seleccionar tecnologías aplicables a nuestro medio.

Fase 2: Diseñar y construir módulos que componen el proyecto.

- Con la información, diseñar los sistemas y módulos, cumpliendo con especificaciones técnicas y considerando su aplicabilidad al medio.
- Para la construcción de los módulos considerar las guías presentadas por la Escuela Móvil de Agua y Saneamiento Básico (EMAS)

Fase 3: Ejecutar pruebas experimentales.

- Analizar cada uno de los componentes contruidos y ubicados en el terreno.
- Tomar datos y medidas base para verificar los diseños anteriores.



Fase 4: Elaborar manual de construcción, operación y mantenimiento.

- Realizar el manual de construcción, operación y mantenimiento en el cual constara todo lo referido al material teórico técnico, limitantes, cuadros de materiales y costos directos de los módulos.



## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Sistemas centralizados y descentralizados en dotación de agua y saneamiento.**

Un sistema de agua son recursos o productos que están sometidos y transportados por una serie de procesos y tratamientos, que luego son conducidos hasta su entrega al usuario. El sistema comprende desde la cuenca abastecedora, obra de toma, aducción, tratamiento, almacenamiento, red de distribución e instalación domiciliaria.

Un sistema de saneamiento consiste en recursos o productos que son transportados / tratados, a través de una opción tecnológica, hasta el punto de su disposición final o reusó. (OPS, 2006, p.14)

La dotación de agua y aplicación de saneamiento se enfoca considerando un conjunto de procesos y pasos en los cuales el agua para consumo humano se genera desde las cuencas, micro cuencas de las cuales se capta, transporta, almacena y distribuye. De la misma manera las excretas se depositan a partir del uso o empleo de artefactos sanitarios para ser conducidas o tratadas hasta su deposición final.

#### **2.1.1. Sistemas centralizados.**

Son determinados por diseños que consisten en el servicio de agua a través de una red pública en la cual una institución local se encarga de prestar el mantenimiento y operación necesaria, cobrando una tarifa a sus usuarios, dichas tarifas dependen del costo del proyecto implementado.

#### **2.1.1. Sistemas descentralizados.**

Consiste en alternativas de diseño para la dotación de servicios básicos a sectores que debido a sus condiciones de vida y situación económica requieren la implementación de sistemas que sean de bajo costo así también no requiera un mantenimiento y operación especializada.



## 2.2. Aplicabilidad de las tecnologías apropiadas en dotación de agua y saneamiento para comunidades rurales.

Las principales consideraciones para el uso de las alternativas técnicas en agua y saneamiento en el ámbito rural se refieren a aspectos técnicos, económicos y sociales:

### 2.2.1. Consideraciones específicas.

#### 2.2.1.1. Región Costa

La mayor parte de la franja de tierra está conformada principalmente por esteros, pampas desérticas, valles y las playas, caracterizada por tener pocas fuentes de agua superficial y acuíferos profundos.

Factores a considerar:

**Tabla 1. Aspectos técnicos, sociales y económicos en la región costa**

TÉCNICOS	SOCIALES	ECONÓMICOS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Agua salobre</li><li>- Profundidad de los acuíferos</li><li>- Periodos de sequía.</li><li>- Suelos arenosos.</li><li>- Tipo y permeabilidad del suelo.</li><li>- Condiciones de operación y mantenimiento</li><li>- Zonas que pueden ser afectadas por fenómenos naturales (fenómeno del niño, sismos, etc.)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Usos de fuentes y terrenos.</li><li>- Aspectos culturales y su relación con enfermedades de origen hidro-fecal.</li><li>- Organización local</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Capacidad económica de la población para asumir costos de administración operación y mantenimiento de sistemas.</li></ul>

Fuente: Elaboración propia con base en información recopilada

#### 2.2.1.2. Región Sierra.

Esta región es favorable para la implementación de sistemas de agua, debido a la existencia de manantiales y fuentes superficiales; sin embargo, la topografía



accidentada puede plantear problemas técnicos para la solución de los requerimientos de los sistemas de agua y saneamiento previstos.

En Bolivia se implementan sistemas de captación de agua de lluvia, para temporadas secas almacenan el agua en cisternas para uso exclusivo de consumo directo, preparación de comida, lavado de vajillas, etc. En lugares donde proliferan poblaciones rurales pequeñas dispersas (OPS, 2006, p.7)

Factores a considerar:

**Tabla 2. Aspectos técnicos, sociales y económicos en la región sierra**

TÉCNICOS	SOCIALES	ECONÓMICOS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Tipo de suelos (rocosos)</li><li>- Nivel freático.</li><li>- Periodos de sequía y otros fenómenos naturales.</li><li>- Profundidad de los acuíferos ideal para implementación de bombas manuales.</li><li>- Evaluación de precipitación pluvial (Captación de aguas de lluvia)</li><li>- Velocidad y dirección del viento (Utilización de energía eólica)</li><li>- Demanda para reusó de desechos</li><li>- Facilidades para el vaciado de tanques o pozos sépticos</li><li>- Tipo y permeabilidad del suelo.</li><li>- Condiciones de operación y mantenimiento</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Uso de fuentes y terrenos.</li><li>- Aspectos culturales y su relación con enfermedades de origen hidro-fecal.</li><li>- Organización y capacidad local.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Capacidad económica de la población para asumir costos de administración operación y mantenimiento de sistemas.</li></ul>

Fuente: Elaboración propia con base en información recopilada.

### 2.2.1.3. Región Oriente.



El oriente, cuya extensión representa el 47% del territorio nacional, con un clima tropical y exuberante vegetación, en donde la abundancia del agua origina problemas de erosión en los cursos altos y medios de los ríos, así como las inundaciones de grandes extensiones de tierras en las zonas bajas sobre todo en épocas de creciente.

Consecuentemente el problema que confronta esta región no es la cantidad de agua, sino la calidad de ella, sus extensas cuencas de recolección y drenaje desde la cordillera andina, a los que se agrega el componente de color y materia orgánica en su recorrido en la hoya amazónica baja.

Factores a considerar:

**Tabla 3. Aspectos técnicos, sociales y económicos en la región oriente**

TÉCNICOS	SOCIAL	ECONÓMICOS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Suelos arcillosos</li><li>- Zonas inundables</li><li>- Nivel freático.</li><li>- Calidad del agua (Variaciones de turbidez de la fuente)</li><li>- Profundidad de los acuíferos (implementación de bombas manuales)</li><li>- Evaluación de precipitación pluvial (Captación de aguas de lluvia)</li><li>- Tipo permeabilidad del suelo.</li><li>- Condiciones de operación y mantenimiento.</li><li>- Demanda para reusó de desechos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Usos de fuentes y terrenos.</li><li>- Aspectos culturales y su relación con enfermedades de origen hidro-fecal.</li><li>- Población migratoria (depende de las condiciones relacionadas con los recursos naturales, humanos o económicos de cada comunidad).</li><li>- Organización y capacidades locales</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Capacidad económica de la población para asumir costos de administración operación y mantenimiento de sistemas.</li></ul>

Fuente: Elaboración propia con base en información recopilada



**2.2.2. Aspectos técnicos.**

En la normativa Ecuatoriana de acuerdo con los niveles de servicio y dotaciones se consideran los siguientes rangos:

**Tabla 4. Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos**

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCION
0	AP EE	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidades económicas del usuario
Ia	AP EE	Grifos públicos Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP EE	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño Letrinas sin arrastre de agua
IIa	AP EE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa Letrinas con o sin arrastre de agua
IIb	AP ERL	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa Sistema de alcantarillado sanitario

Simbología utilizada:

AP: Agua potable  
EE: Eliminación de excretas  
ERL: Eliminación de residuos líquidos

Fuente: Norma INEN CPE INEN 005 parte 9-2:97.

**Tabla 5. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio**

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRIO (l/hab*día)	CLIMA CÁLIDO (l/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Fuente: Norma INEN CPE INEN 005 parte 9-2:97.



El nivel de servicio aplicable es el 0, pese a esto en opciones técnicas como manantiales protegidos, pozos con bomba manual, sistemas de agua lluvia, las dotaciones pueden ser menores a 20 l/hab.día, por lo tanto el nivel a aplicar es el (Ia).

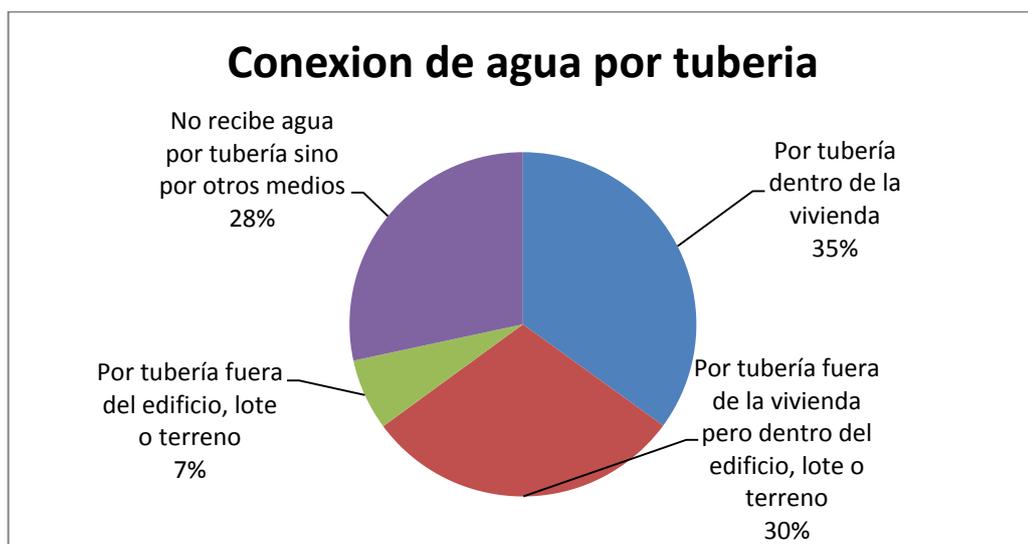
La fuente es determinada por la cantidad, ubicación y disponibilidad de agua que puede ser destinada al abastecimiento, define el nivel de servicio al que puede acceder la comunidad.

La población es determinada por el número de habitantes que serán beneficiados por el servicio, de acuerdo a la magnitud e importancia de la población debe diferenciarse las áreas nucleadas y dispersas de acuerdo a la concentración de las viviendas. Asimismo, de ser el caso, debe considerarse la población permanente, flotante.

### 2.2.3. Aspectos sociales

Según el VII Censo de Población y VI de Vivienda – 2010 en nuestro país existen 3´ 810 548 hogares, las condiciones de los servicios básicos de los respectivos hogares son:

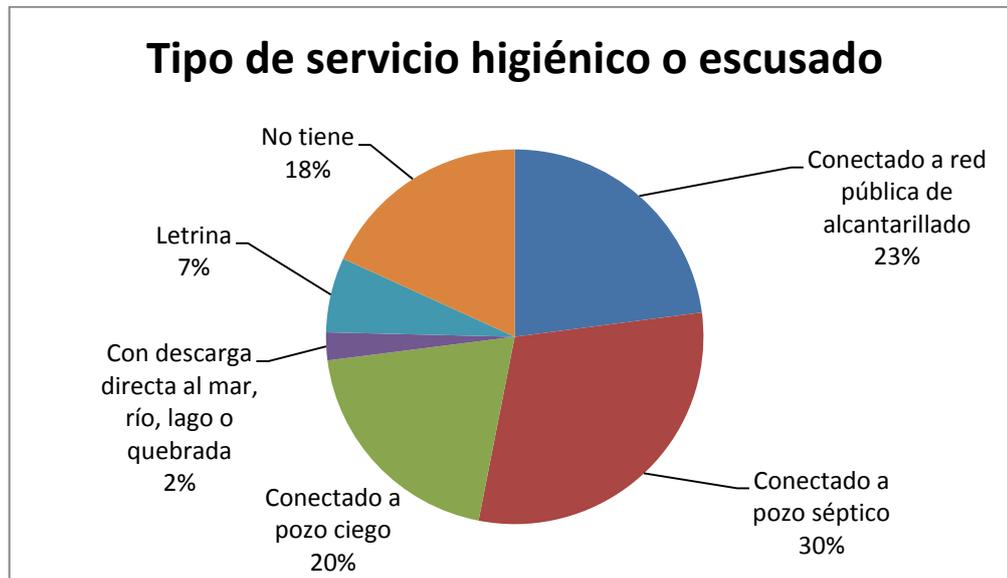
Figura 1. Estadísticas censo de población y vivienda 2010



Fuente: Instituto Nacional De Estadística Y Censos - Inec, Ecuador (CENSO, 2010)



Figura 2. Estadísticas censo de población y vivienda 2010



Fuente: Instituto Nacional De Estadística Y Censos - Inec, Ecuador (CENSO 2010)

Las figuras anteriores reflejan que el 28% de los hogares rurales del Ecuador no tienen una conexión de agua potable, el 18% no tiene ningún tipo de servicio higiénico o escusado.

Debido a esto es necesario en el orden de la estructura social, evaluar a los distintos actores locales, formas de liderazgo o autoridad aceptada por la población, y a nivel de familias se deben considerar roles y pautas de comportamiento a fin de determinar quiénes son responsables de aspectos de abastecimiento de agua, higiene ambiental, salud de la familia. Así mismo, debe tenerse en cuenta las creencias y prácticas culturales de la población, de allí la importancia de buscar la aceptación cultural de las opciones técnicas en agua y saneamiento, a fin de que ésta responda a un trabajo en el que el concepto de sostenibilidad cumpla con las expectativas y satisfaga plenamente las necesidades de las comunidades a las cuales se orientan los proyectos.

Incentivar la participación de la comunidad tanto hombres, mujeres, grupos o actores sociales en todas las fases del proyecto: planificación, diseño, construcción y gestión de los servicios, incluyendo la operación y mantenimiento.



#### **2.2.4. Aspectos económicos**

El compromiso de las comunidades para cubrir los costos de operación y mantenimiento, por medio de tarifas o cuotas, sigue siendo necesario, sin embargo, existe la necesidad de generar la capacidad para gestionar las inversiones futuras del sistema rural.

La condición económica de la población define la opción técnica y el nivel de servicio. De acuerdo a los niveles de ingreso económico de la población, se evalúa la voluntad y capacidad de pago que incidirán en la sostenibilidad de los servicios.

#### **2.2.5. Medio Ambiente**

El medio ambiente es uno de los componentes importantes pues es el lugar en donde la comunidad habita y de donde obtiene sus recursos, entre los cuales se está el agua, parte importante para su desarrollo.

La consideración de la variable climática (calentamiento global) en los recursos hídricos y las medidas de adaptación es una parte importante en la prestación de los servicios de agua y saneamiento.

Para definir el tipo de tratamiento a ser requerido se debe tomar en cuenta la calidad del recurso hídrico de acuerdo del tipo de fuente ya sea superficial o subterránea, además de la cantidad y continuidad del recurso hídrico, sumado a la integración de las buenas prácticas del uso del agua, saneamiento e higiene que pueden afectar los probables beneficios derivados de la provisión de los servicios de agua y/o saneamiento tomando en cuenta los impactos del manejo de excretas y aguas residuales en el medio ambiente.



### 2.3. Ventajas y desventajas de los sistemas descentralizados.

Tabla 6. Ventajas y desventajas de los sistemas descentralizados

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Facilita la participación ciudadana y social</li><li>- Permite la atención a las necesidades reales de la población, generando derechos y deberes</li><li>- Incrementa la probabilidad de la sostenibilidad de las obras y la optimización del uso de los recursos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Se requiere capacitación y educación para desarrollar mecanismos adecuados para la toma de decisión.</li><li>- Las políticas gubernamentales y publicas aún no están adaptadas a las necesidades de las comunidades</li><li>- La falta de acceso a un mecanismo de comunicación eficiente puede limitar la participación de las poblaciones pobres.</li></ul>

Fuente: Elaboración propia con base en información recopilada

### 2.4. Tipología de sistemas descentralizados y selección de tecnologías apropiadas en dotación de agua y saneamiento para comunidades rurales.

Este proyecto se enfoca en la dotación de agua y aplicación de saneamiento considerando como un conjunto de procesos y pasos en los cuales el agua para consumo humano se genera desde las cuencas, micro cuencas de las cuales se capta, se transporta, se almacena y se distribuye. De la misma manera las excretas se depositan a partir de del uso o empleo de artefactos sanitarios para ser conducidas o tratadas hasta su deposición final.



## 2.4.1. Captaciones.

### 2.4.1.1. Perforación de pozo manual

Es una tecnología en la cual se excava un pozo a través de la perforación manual, tiene los mismos principios que la perforación hidráulica rotatoria, las acciones son una combinación de dos movimientos, la rotación y la percusión.

La rotación es accionada por el perforista y la percusión es apoyada generalmente por los propios beneficiarios. Todas las actividades requieren el trabajo de 8 personas, el diámetro del pozo es de 50 mm, con profundidades que llegan a los 100 m, esta tecnología funciona mejor en los suelos relativamente suaves y como es de esperarse no es factible en suelos pedregosos o rocosos.

Estos métodos fueron desarrollados inicialmente por la Escuela Móvil de Agua y Saneamiento (EMAS), posteriormente por la OPS/OMS (1998) como Flexi/OPS.

- Criterios de selección.

Esta tecnología es apropiada como solución para la captación de agua en zonas de difícil acceso, o caminos y/o carreteras inestables, es adaptable para comunidades, grupo de familias de escasos recursos económicos y zonas rurales dispersas.

Se debe tener en cuenta el tipo de suelo existente en la zona, solo es recomendable en suelos suaves.

Es sumamente importante tener ubicado un acuífero para realizar la extracción y saber a qué profundidad encontraremos el agua necesaria para la dotación de la comunidad o familia.

- Criterios de diseño

La recopilación de datos en sitio es la etapa más importante para la selección del sitio de perforación verificando los pozos existentes tanto excavados como perforados próximos, estos datos serán referidos a las características técnicas



del suelo y calidad del agua. Otra forma de seleccionar el lugar de perforación es mediante la observación de las características de vegetación de la zona, a través de información recopilada de los propios beneficiarios.

El análisis de los datos permitirá conocer las principales características hidrogeológicas del lugar y poder establecer la viabilidad de la perforación.

El diámetro del pozo se determinara de acuerdo al tipo de bomba a ser instalada, si es manual es recomendable que el diámetro no sea mayor a 50 mm.

- Aspectos constructivos

Las acciones de rotación y percusión permiten que la tierra se suelte, una corriente de agua reciclada de lodos entra al pozo a través del tubo de perforación y extrae la tierra suelta del pozo en forma continua. El lodo circula por la acción de una bomba manual o motobomba de lodos, que está ubicado en una fosa de (0.60 x 0.60 x 0.60) m. El lodo se inyecta mediante una manguera que intercomunica la bomba de lodos a la barra de perforación mediante una manivela (cabezal de inyección). El lodo inyectado fluye a través de las barras de perforación hasta el cabezal de la broca por donde sale el lodo.

Una vez alcanzada la profundidad final del pozo se realiza la inyección de agua o aire, mediante una motobomba o compresor, para desalojar todo el lodo introducido y otros materiales en suspensión. Se procede luego a la limpieza del pozo (empleando unos 2.0 m<sup>3</sup> de agua limpia), para luego realizar la toma de muestras de agua subterránea. El pozo perforado se encamisa con tuberías de PVC, ubicando la rejilla o filtro (que son orificios hechos en el mismo tubo) que se forra con una tela sintética. El largo del filtro está en función del espesor del acuífero que se encuentra. Para el pre-filtro o empaque se emplea arena o gravilla seleccionada y pre-lavada. El hueco perforado es de 90 mm, para la instalación de un tubo de 50 mm.



**Tabla 7. Ventajas y desventajas de captaciones por perforaciones de pozo manual**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Bajo costo</li><li>- Fácil de transportar y operar en condiciones difíciles</li><li>- Implementación rápida, con materiales locales.</li><li>- No utiliza ningún combustible, ni bentonita</li><li>- Solución práctica para grupos reducidos de familias</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Profundidad limitada</li><li>- Requiere la participación de los beneficiarios al menos 8 personas</li><li>- Es aplicable solo en suelos blandos/suaves</li><li>- No es factible en suelos rocosos</li></ul>

Fuente: Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas, BOLIVIA 2002.

#### **2.4.1.2. Captación de vertientes.**

El aprovechamiento del recurso agua mediante la captación de vertientes o manantiales es otra alternativa tecnológica sencilla de implementarse. La vertiente o manantial es un lugar donde se produce afloramiento natural de agua subterránea. Por lo general una vertiente se encuentra en estratos de formaciones de arena y grava que almacenan agua confinada, también se origina por el flujo de agua subterránea a través de rocas fisuradas; estas aguas se infiltran en el área de recarga por efecto de lluvias. La existencia de vegetación verde en un área seca también es un indicativo de la presencia de una vertiente o humedal natural. Una vertiente en condiciones protegidas ofrece agua pura o segura, generalmente se la puede usar sin tratamiento, con excepción de aguas cuya composición química tiene minerales en exceso como hierro o manganeso u otros contaminantes.

Los tipos de captación y protección de vertientes más usuales son los de ladera o lateral, de fondo y bofedales. La estructura se compone de la captación, cámara de llaves, tuberías de salida, reboce, limpieza, ventilación y tapas sanitarias de visita.

Para evitar la contaminación del entorno es necesario prever un cerco o barrera de protección sanitaria, de malla o alambre de púas.



- Criterios de selección

Se aplica en zonas rurales dispersas, o zonas periurbanas, donde se tienen afloramientos de aguas subterráneas.

Las vertientes con flujo por gravedad se presentan en acuíferos no confinados donde el nivel de la superficie del suelo se encuentra por debajo del nivel de aguas subterráneas. De este modo, cualquier depresión del suelo será inundada con agua que fluye por gravedad. Generalmente tienen poca capacidad de almacenamiento y los caudales fluctúan estacionalmente, menor durante el estiaje, cuando baja el nivel de las aguas subterráneas.

La selección definitiva de un sistema de protección de vertientes deberá tomar en cuenta las siguientes consideraciones: Tipo de comunidad dispersa o concentrada, condiciones de afloramiento de las aguas: gravitacional o artesiano, distancia a la comunidad y accesibilidad.

- Criterios de diseño

Se tomará en cuenta particularmente el tipo de afloramiento, la infraestructura deberá ser diseñada con el criterio de velar por los aspectos sanitarios. La captación está constituida por una cámara hermética, donde se encuentran las tuberías de aducción, rebose, se debe tomar en cuenta la construcción de una zanja de coronamiento para interceptar las aguas de escurrimiento superficial (aguas pluviales) y como barreras sanitarias un primer cerco perimetral y un segundo de mayor área de protección. Muchas veces los afloramientos están próximos unos a otros, debiendo los mismos ser considerados en forma independiente.

- Aspectos constructivos

La estructura de captación puede ser construida de hormigón simple, hormigón armado, mampostería de ladrillo u hormigón ciclópeo. La cámara deberá tener una dimensión mínima de (90 x 90) cm y contar con un acceso de visita de (60 x 60) cm, con tapa sanitaria hermética de hormigón armado o metálica que posea un candado de seguridad. Las tuberías de rebose y limpieza deberán ser



de PVC 40 mm, para facilitar las conexiones con accesorios de bronce o de PVC. La cámara de llaves tiene una dimensión mínima de (60 x 60) cm, accesible para la instalación y operación de accesorios y llave de paso; esta última debe ser de media vuelta, siendo la más recomendable el uso de la primera.

**Tabla 8. Ventajas y desventajas de captación de vertientes**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Agua segura para consumo humano</li><li>- Fácil de construir, con estructuras sencillas de captación</li><li>- La protección del área de influencia permite un incremento en la cantidad de agua en largo plazo protección de la microcuenca</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Exige un serio compromiso de sus habitantes para su cuidado y de la microcuenca abastecedora</li><li>- Las áreas de protección deben ser saneadas o delimitadas por parte una entidad gubernamental responsable.</li></ul>

Fuente: Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas, BOLIVIA 2002.

### **2.4.1.3. Captación de agua lluvia en techo.**

La captación de agua de lluvia en techos es una alternativa factible que puede resolver la carencia de agua para consumo humano en lugares donde no se cuenta con fuentes de abastecimiento garantizado, en calidad o cantidad. La tecnología requiere una superficie de techos para la captación de las aguas pluviales, esta puede ser de una vivienda o una cubierta libre de contaminación. El escurrimiento superficial en techos es interceptado, colectado y almacenado en un tanque, que trabaja además como un regulador de caudales. Para su aprovechamiento posterior del agua almacenada, se puede requerir de un sistema de impulsión de agua como una bomba manual.

El sistema se compone de las siguientes partes:

Captación: está conformado por una cubierta o techo de una edificación, deberá estar limpia, libre de aceites, óxidos u otro material.



Recolección y conducción: está conformado por canaletas de recolección del agua pluvial, horizontales y verticales (bajantes). El material puede ser de calamina plana galvanizada, PVC u otro material resistente al agua.

Interceptor: es un recipiente de 60 a 200 L, de plástico, hormigón simple u otro, cuya tarea es recibir las primeras descargas provenientes del lavado del techo o primeras lluvias. Incluye un tamiz o canastillo para retención de sólidos flotantes o de arena y una llave de paso para el desagüe de sedimentos.

Almacenamiento: es la estructura destinada para almacenar el agua recolectada. Las estructuras más usuales son tanques de ferrocemento, hormigón armado, hormigón ciclópeo, y/o de plástico.

Dependiendo de la calidad del agua recolectada, puede necesitarse de un tratamiento posterior antes de su uso para consumo humano. El tratamiento puede consistir en la remoción de las partículas en suspensión, que no fueron retenidas en el interceptor, así como en la remoción bacteriológica. Para este fin pueden emplearse filtros caseros de arena.

- Criterios de selección

Esta tecnología se aplica en zonas rurales y urbanas, puede resolver la demanda de agua para diferentes usos: riego de jardines, limpieza de vehículos, descarga de inodoros o agua de bebida (dependiendo de la calidad del agua).

No es recomendable su uso como agua de bebida cuando se tienen índices elevados de contaminación atmosférica.

Es aplicable en zonas áridas, que sufren de escases del recurso hídrico y/o vulnerable ante los impactos potenciales del cambio climático.

Es aplicable en zonas o áreas de inundación, donde la captación de agua superficial y/o subterránea no es factible técnicamente o como alternativa de uso en situaciones de desastres naturales.



- Criterios de diseño

Para el diseño se debe contar con series históricas de las precipitaciones pluviales de al menos diez años, obtenida del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). En caso de no contarse con una estación meteorológica en la localidad o área de estudio, se podrá tomar los datos de la estación más cercana relacionada. La serie de datos históricos debe corresponder al promedio mensual de precipitaciones.

Los consumos de agua de lluvia responden a la demanda del usuario de acuerdo a sus diferentes usos. Para el área rural la demanda se considera de (10 a 25) L/hab.día, destinada a la bebida, preparación de alimentos e higiene personal (lavado de manos y lavado bucal). En centros urbanos el agua de lluvia puede destinarse para riego de jardines, descarga de inodoros, lavado de automóviles y otros usos, dependiendo de las condiciones locales y calidad del agua.

- Aspectos constructivos

Existen varias soluciones de ubicación de los tanques, arquitectónicamente puede ser enterrado, semienterrado o apoyado directamente en el piso, dependiendo del espacio y la aceptabilidad del usuario. En general se debe ubicar en un lugar fuera de riesgo de cualquier contaminación del entorno. Para la extracción del agua, puede emplearse una bomba manual o eléctrica. Deberá contar con una tapa sanitaria preferentemente metálica, las paredes y el piso deberán ser impermeables y evitar en todo momento el contacto del agua almacenada con el medio ambiente, a fin de garantizar la calidad del agua. Como accesorios a ser instalados se tiene la tubería de rebose, con malla de protección para evitar el ingreso de insectos y animales, tubería de ventilación, de limpieza y válvulas de control. (AGUERO, 1997, p.27)

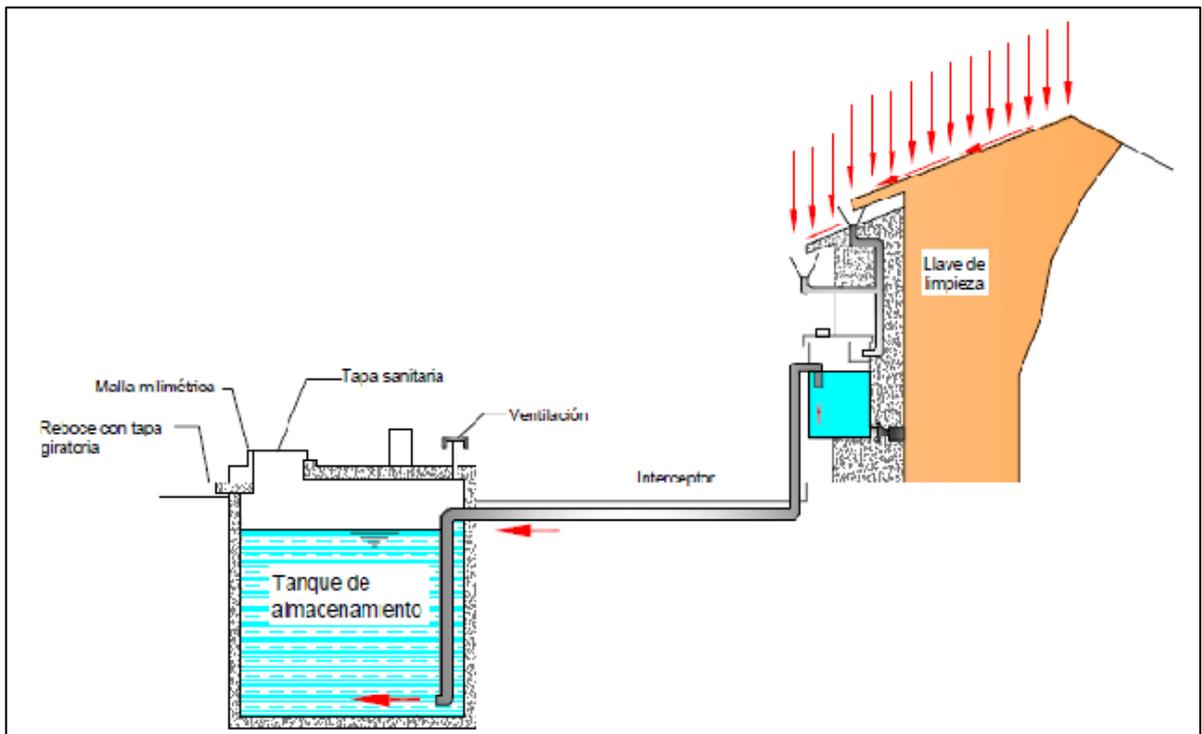


Tabla 9. Ventajas y desventajas de captación de agua lluvia en techo

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Mitiga la escases de agua para consumo humano</li><li>- Alta calidad física y química del agua de lluvia en zonas carentes de polución atmosférica</li><li>- Sistema independiente de agua para viviendas alejadas</li><li>- Alternativa para el riego de jardines e invernaderos</li><li>- Bajo costo</li><li>- Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección de agua</li><li>- Fácil de mantener</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Costo inicial elevado, dependiendo de los materiales empleados</li><li>- Necesita tareas de mantenimiento regulares como protección contra los riesgos de contaminación</li><li>- Cantidad de agua dependiente de la precipitación pluvial de la zona</li><li>- Atención en las primeras lluvias</li><li>- Para consumo e ingesta requiere la desinfección con cloro o hervido</li></ul>

Fuente: Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas, BOLIVIA 2002.

Figura 3. Captación agua lluvia



Fuente: Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas, BOLIVIA 2002



## 2.4.2. Almacenamiento.

### 2.4.2.1. Tanque de ferrocemento

El ferrocemento es un tipo de concreto armado, formado por mortero de arena y cemento reforzado, de pared delgada de (5 a 6) cm. Para el empastado manual con mortero se emplea cemento Portland corriente (TIPO IP), la estructura metálica está formada con malla de alambre tejido y varillas de acero de diámetro pequeño, debidamente unido para lograr una estructura rígida. Es fácil de construir y en tiempo reducido.

Esta tecnología es bastante económica, se emplea para la construcción de tanques de almacenamiento de agua, filtros para plantas de tratamiento, silos, captaciones de aguas de lluvia, etc. es aplicable en zonas rurales, periurbanos y urbanos, en volúmenes pequeños, medianos y de gran capacidad, no requiere mano de obra muy calificada.

El tanque está formado por una losa de cimentación, cuerpo cilíndrico de mortero y tapa de la misma composición. El cuerpo estructural está conformado, por empastes de mortero de cemento en capas, alambre tejido y un emparrillado de acero de construcción de pequeño diámetro, unidos íntimamente. Los refuerzos principales son los anillos de acero, que trabajan como soporte a la tracción, permiten un cuerpo elástico y homogéneo, resistente a las fracturas. La estructura puede construirse por encima del terreno, o en forma enterrada o semi enterrada.

- Criterios de selección

La elección de esta tecnología es aplicable, para comunidades o grupo de viviendas o viviendas individuales, donde las condiciones económicas son limitadas, no se cuenta con materiales locales pétreos (piedra, grava) o su ubicación está a mucha distancia, costos de transporte, reducida mano de obra, se cuenta con una fatiga admisible del terreno menor a  $1.5 \text{ kg/cm}^2$  y participación de los propios usuarios.



▪ Criterios de diseño

El cálculo estructural está basado en las tensiones de esferas y cilindros sometidos a presión interior, en los cuales se producen esfuerzos normales en dos direcciones, las formulas recomendadas para los tanques de volúmenes más usuales de (1 a 20) m<sup>3</sup> son las siguientes:

Refuerzo longitudinal simplificado en una franja:

$$A_s = 500 \times H \times D / f_y$$

Ec. [1]

Dónde:

As: área del acero (cm<sup>2</sup>),

H: Altura del nivel máximo del agua (m),

D: Diámetro del tanque (m),

f<sub>y</sub>: fluencia del acero (kg/cm<sup>2</sup>).

De acuerdo con el código ACI 318-08, se deberá tomar en cuenta el coeficiente de seguridad a las acciones, cuyo valor es de 1.6, por tanto el área de acero de cálculo es  $A_c = 1.6 \times A_s$ .

Refuerzo mínimo recomendado  $A_s \text{ min.} = 14 \times b \times d / f_y$ , donde  $A_s \text{ min.}$ : acero (cm<sup>2</sup>), d: espesor de la pared del tanque (adoptada en cm), b: ancho de referencia para distribución de los fierros (100 cm.).

Espesor de la pared  $e = 0.814 \times H \times D$ , donde e (cm), mayormente oscila entre (5 a 6) cm., por razones constructivas no debe ser menor de 6 cm.

Espesor tapa  $e = 1.7450 \times D$ ; puede ser cúpula triangular, tipo bóveda o plana. Para tanques mayores a 20 m<sup>3</sup>, con tapa plana, es recomendable rigidizar con columnas de hormigón armado.



Espesor losa fondo:  $e = 1.7453 \times D$ , por razones constructivas se recomienda mayor a 6 cm.

Armadura vertical = Para amarre se considera un espaciamiento de (20 a 25) cm. con  $\varnothing$  8 mm.

Para tanques mayores a 3 m<sup>3</sup> se recomienda realizar un análisis en software para estudiar el comportamiento.

▪ Aspectos constructivos

El encofrado interior puede realizarse utilizando calamina o tablas, estas son sostenidas con listones de (5 x 5) cm en forma vertical (costillas), espaciados cada 50 cm., sujetos por vigas de (5 x 5) cm, en forma diagonal (apuntalado), este encofrado puede ser realizado de acuerdo a la disponibilidad de material y experiencia del constructor.

Para las aplicaciones corrientes de ferrocemento, el mortero es dosificado con la relación: arena / cemento de 1:2.0 a 1:2.5, (en volumen) y la relación: cemento / agua como máximo 0.45 (en peso), dependiendo de la humedad de los agregados, la resistencia a la compresión deberá ser mayor a 160 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días. El tamaño del agregado estará de 9.5 mm a 0.074 mm., se recomienda ver también la especificación ASTM, C33-86, el porcentaje de arena que pasa la malla No. 200, debe estar comprendido entre el 1% y 3%

Tabla 10. Dosificación de mortero

PROPORCIÓN	CEMENTO (kg)	ARENA (m <sup>3</sup> )
1:2	600	0.88
1:2.2	560	0.89
1:2.5	520	0.97

Fuente: Dosificar y preparar Mortero y Hormigón, Leroy Merlin, 2002



La arena para el mortero de ferrocemento deberá cumplir las siguientes especificaciones principales:

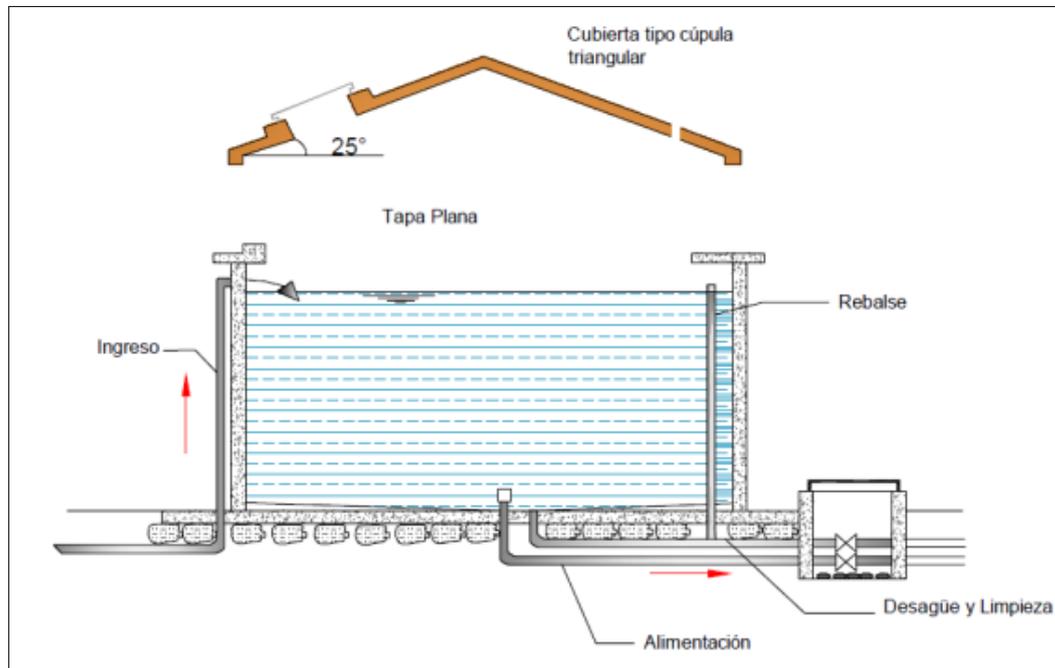
- La arena deberá estar compuesto, granos compactos y resistentes y de canto rodado y áspera.
- La arena no debe contener sustancias o materiales orgánicos.
- No contener demasiado material fino.
- Libre de limos y arcillas.
- El módulo de fineza deberá estar entre 2.15 y 2.75.
- El agua debe estar fresca y libre de cualquier solución orgánica, el agua salada no es aceptable

**Tabla 11. Ventajas y desventajas del tanque de ferrocemento**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Costos de construcción</li><li>- Aplicable plenamente donde no se cuenta con materiales pétreos</li><li>- Estructura liviana, provocan menor fatiga al terreno</li><li>- Estructura simple, no requiere mucha especialización de mano de obra</li><li>- Son fáciles de reparar y mantener</li><li>- Buena estética</li><li>- El encofrado puede hacerse con materiales locales</li><li>- Ocupa menor espacio que el convencional</li><li>- No requiere maquinaria o equipo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Permanente control en el curado de la estructura</li><li>- Mayor control en la relación de agua cemento para el mortero</li><li>- Incidencia de cambios bruscos de temperatura</li><li>- Desconfianza en la metodología</li></ul>

Fuente: Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas, BOLIVIA 2002

Figura 4. Tanque de ferrocemento



Fuente: Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas, BOLIVIA 2002

#### 2.4.2.2. Tanque prefabricado

El tanque de almacenamiento prefabricado, es una alternativa, que puede reemplazar a los tanques de almacenamiento convencionales, es empleado para el suministro de agua potable domiciliario o público, estos tanques se caracterizan por ser livianos, higiénicos resistentes, atóxicos, insípidos, generalmente tienen protección exterior para evitar el paso de rayos ultravioletas. Los materiales empleados son de fibra de vidrio, polietileno con materiales vírgenes. El montaje es sencillo, requiere solo una base o plataforma horizontal rígida.

- Criterios de selección

Este material por su fácil instalación y rapidez puede ser implementado en sistemas de agua potable, para comunidades o grupo familiar o en casos de emergencia, también puede instalarse para tanques elevados, en este caso



solo en volúmenes menores por la incomodidad y seguridad en su instalación, la garantía que ofrecen es de 35 años.

Estos productos son de fabricación nacional, los volúmenes más comerciales varían de 0,3 a 50 m<sup>3</sup>, las mismas tienen certificaciones ISO. Los modelos comerciales cilíndricos, y las horizontales o cisternas.

El fabricante ofrece sus productos con características de revestimiento de mono capa, bi capa y tri capa.

▪ Aspectos constructivos

Los tanques pueden montarse sobre una base plana rígida, hormigón ciclópeo, hormigón armado, piso de ladrillo u otro rígido, para volúmenes pequeños sobre paredes en ángulo o sobre perfiles metálicos espaciados cada 10 cm, los apoyos deben estar nivelados.

Tabla 12. Costos tanque prefabricado

VOLUMEN UTIL m <sup>3</sup>	0.25	0.5	1.0	2.5
COSTO UNITARIO	53	102	171	252

Fuente: Elaboración propia con base a información recopilada

Tabla 13. Ventajas y desventajas de tanque prefabricado

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Fabricación nacional</li><li>- Fácil e inmediata instalación</li><li>- Económica</li><li>- Paredes externas e internas lisas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Costo de transporte, al lugar de la obra</li><li>- Miedo de los usuarios a la operación y mantenimiento</li><li>- Mano de obra calificada.</li></ul>

Fuente: Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas, BOLIVIA 2002



### 2.4.3. Saneamiento

#### 2.4.3.1. Ducha y letrina de hoyo seco

Esta tecnología consiste en un pozo u hoyo simple donde se incorpora un tubo de ventilación, que permite la circulación de una corriente continua de aire y la extracción de olores y que actúa también como una trampa para insectos (moscas).

El hoyo recibe las excretas humanas, con el fin de almacenarlas y aislarlas, a objeto de evitar que los microorganismos patógenos presentes puedan causar daños a la salud. El viento que circula por la parte superior de la tubería de ventilación crea una corriente ascendente de aire desde el hoyo/pozo a la atmósfera y otra descendente del aire exterior hacia el pozo, a través de la losa/plataforma sanitaria. De este modo se tiene un flujo continuo de circulación de aire que es conveniente para la evacuación de olores.

La estructura está formada por el pozo, una plataforma o losa de apoyo, tubo de ventilación y la caseta. El pozo u hoyo, puede ser de sección cuadrada, rectangular o circular, con dimensiones de (0.90 a 1.50) m y profundidades variables que pueden alcanzar más de 3.0 m, dependiendo de las condiciones del suelo y del nivel freático. Cuando la estabilidad del suelo así lo permita, el fondo del hoyo deberá estar a más de 2.5 m de distancia con relación al nivel freático; esta condición se establece a objeto de evitar la contaminación de las aguas subterráneas. La capacidad de llenado del pozo dependerá del número de usuarios y su frecuencia de uso. El periodo de vida útil es generalmente superior a los 6 años.

- Criterios de selección

Esta tecnología se adapta en viviendas y escuelas de zonas rurales y peri urbanas, donde el abastecimiento de agua es escaso o inexistente y/o no se cuenta con alcantarillado sanitario. Se aplica a cualquier tipo de clima y entorno social. Es una tecnología simple, económica, fácilmente adaptable y generalmente aceptada por la comunidad. Sin embargo, no es apropiada para



zonas inundables, suelos con nivel freático alto, suelos rocosos y áreas urbanas con alta densidad de viviendas, que en conjunto, pueden contaminar las aguas subterráneas

- Criterios de diseño

Para el cálculo del tiempo de llenado de un hoyo se toma en cuenta la producción per cápita de excretas, adoptando un valor de 50 L/hab./mes, el número de usuarios por vivienda y el volumen del hoyo adoptado, sin considerar un volumen equivalente a 50 cm de material de relleno de tierra o tapado final.

$$T = Vn \times P$$

Ec. [2]

Dónde:

T : Tiempo de llenado (año)

Vn : Volumen neto de almacenamiento de excretas (m<sup>3</sup>)

P : Producción de excretas (0.05 m<sup>3</sup> x No. de usuarios)

- Aspectos constructivos

Para la estabilidad del pozo es necesario la construcción de un brocal en forma de collarín, ubicado en la parte superior del hoyo, que lo protege del ingreso de aguas superficiales y sirve de apoyo a la losa/plataforma, este brocal puede ser de ladrillo, concreto, piedra, madera u otro material existente en la región, la losa debe sobresalir al menos 0.20 m del nivel del terreno.

La caseta es una estructura que debe brindar privacidad y comodidad al usuario así como de proteger el artefacto sanitario (taza, losa/plataforma). La puerta debe tener un ancho mínimo de 0.60 m, y una altura de (1.80 a 2.10) m, la abertura de la puerta se la hace girando hacia adentro, a objeto de evitar los golpes de viento. Como medida de protección contra la contaminación de las aguas, la caseta deberá estar ubicada a una distancia mínima de 15 m



respecto a la fuente más próxima de agua para consumo humano (pozo, curso superficial) y situada aguas abajo de la corriente subterránea o curso superficial más próximo. En cualquier caso la caseta deberá estar ubicada a una distancia mayor a 5 m, respecto de la vivienda (a objeto de evitar daños en la infraestructura existente).

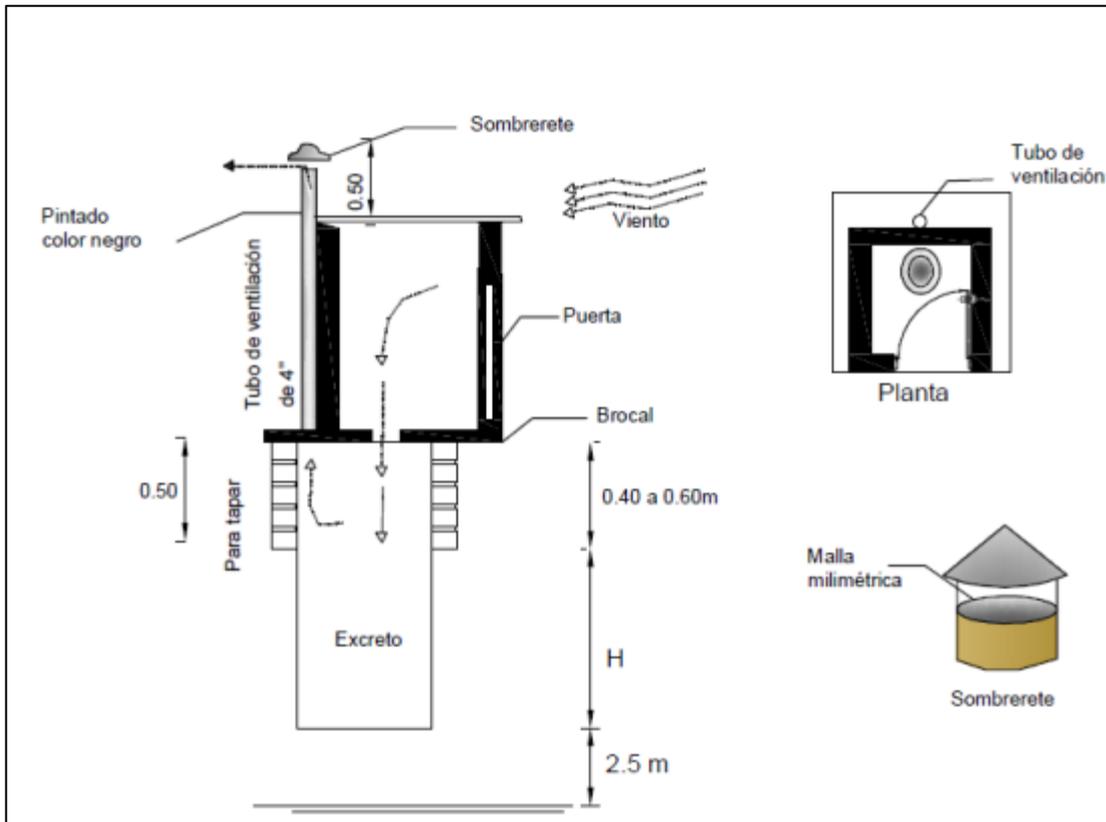
La ventilación puede estar constituida por una tubería, DN 100 (4”) – 150 (6”), de PVC o de calamina plana, empotrada directamente sobre la losa o plataforma. Se instala, pintada de color negro, en la parte exterior de la caseta, sobresaliendo la cobertura de techo en 0.50 m. El extremo superior de la tubería está provisto de un sombrerete de calamina plana, protegido con malla milimétrica, para la retención de moscas. La losa o plataforma, posee un hoyo de 0.20 m de diámetro, puede ser de concreto, fibra de vidrio, porcelana u otro material, puede también instalarse una taza turca o un inodoro rústico. (CAMACHO, 2002, p.241)

**Tabla 14. Ventajas y desventaja de ducha y letrina de hoyo seco**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"><li>- No requiere el empleo de agua</li><li>- Construcción con materiales locales</li><li>- De uso inmediato una vez concluida la obra</li><li>- Económico, dependiendo de la calidad</li><li>- Requiere pequeño espacio para la construcción</li><li>- Fácil de construir, puede ser hecha por los mismo beneficiarios</li><li>- Fácil de replicar</li><li>- Inactivación de patógenos para periodos de llenado mayores a 2 años</li><li>- La variante con inodoro ecológico es la que tiene mejor rendimiento y menor riesgo de presencia de moscas y malos olores</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Presencia de malos olores si no se tiene una buena ventilación</li><li>- No se puede construir en zonas donde se presentan inundaciones o niveles freáticos elevados</li><li>- Posibilidad de contaminar los acuíferos</li><li>- Solución temporal una vez llenado el hoyo se deberá trasladar la caseta a otro lugar</li></ul>

Fuente: Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas, BOLIVIA 2002

Figura 5 Letrina de hoyo seco



Fuente: Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas, BOLIVIA 2002

#### 2.4.3.2. Ducha y letrina con arrastre hidráulico

Esta tecnología consiste en dos pozos de infiltración, que trabajan en forma alternada, conectados a un inodoro con descarga de agua. Las aguas residuales son descargadas en los pozos de infiltración para su absorción por el suelo. Con el transcurso del tiempo los lodos fecales son suficientemente deshidratados y pueden ser removidos en forma manual. Mientras un pozo se llena con excretas, el otro se encuentra en espera para uso alternado en forma indefinida.

Los pozos de infiltración deben tener un tamaño adecuado para acumular el volumen de los lodos fecales generados en uno o dos años, el tiempo de almacenamiento permite que los sólidos acumulados en el pozo se transformen en material inofensivo, que puede ser removido manualmente. Considerando



que esta tecnología consume agua para la evacuación de las excretas, se requiere de mayor tiempo de almacenamiento de los lodos fecales en los pozos de infiltración para su remoción en forma segura. Una permanencia de dos años o más es recomendable para lograr una buena estabilización. La materia degradada puede ser removida manualmente y debe ser transportada para su enterramiento en un sitio seleccionado. La infraestructura está compuesta por una caseta, el artefacto sanitario (si se cuenta con red de agua potable, es recomendable emplear el inodoro de bajo consumo de agua), tubería de desagüe, caja repartidora de caudales, pozo con estructura de soporte, ventilación y losa/plataforma del pozo.

La corriente de agua que se infiltra en los pozos fluye hacia la estructura de suelo no saturado y zona de aireación, donde los organismos fecales son removidos. El grado de remoción varía con el tipo de suelo, distancia recorrida, humedad y otros factores medio ambientales. Los pozos muy profundos ponen en riesgo de contaminación las aguas subterráneas, como medida de protección, se recomienda que la distancia entre el fondo del pozo y el nivel máximo de aguas subterráneas (durante la época de lluvias) debe ser superior a 1.50 m. La contaminación de suelos por microorganismos patógenos puede viajar cientos de metros en condiciones saturadas, una distancia mínima de 30 m, entre los pozos de infiltración y cualquier fuente de agua para consumo humano, es recomendable para limitar los riesgos asociados a la contaminación química y biológica de las aguas.

- Criterios de selección

Esta es una tecnología con instalaciones permanentes, es apropiada en zonas áridas, donde no se ponga en riesgo la calidad de las aguas subterráneas y/o superficiales y no se tenga suficiente capacidad de absorción del suelo (suelos de arcilla o roca compactada no son adecuados). Requiere de un abastecimiento continuo de agua, en zonas de escasez del recurso hídrico, puede aprovecharse el agua de lluvia. Esta tecnología es aplicable en zonas rurales y periurbanas. Sin embargo, una alta densidad de pozos en un área pequeña puede causar la saturación del suelo y consecuentemente la



contaminación de las aguas (subterráneas, superficiales) y/o el anegamiento de suelos. En zonas de ladera o taludes, la sobresaturación de suelos, causada por la infiltración de aguas provenientes de estos sistemas, puede provocar derrumbes o deslizamientos que ponen en riesgo la seguridad pública. Por su elevada concentración de contaminantes (en forma puntual), no se recomienda su empleo en zonas de alta densidad de población y donde el nivel de aguas subterráneas es elevado. Esta tecnología se ha implementado en todo el país, particularmente en la zona oriental donde se han presentado problemas de contaminación de las aguas subterráneas.

- Criterios de diseño

Para la determinación de la altura total del pozo, se podrá aplicar la siguiente ecuación.

- Altura total del pozo

$$Ht = H1 + Ha + Hs$$

Ec. [3]

Dónde:

H1 : Altura de la capa de lodos fecales (m)

Ha : Altura de la capa del líquido sobrenadante (m)

Hs : Altura adicional de seguridad, generalmente se considera 0,30 m

$$H1 = \frac{N \times T1 \times t}{A}$$

Ec. [4]

Dónde:

N : Número de usuarios

T1 : Tasa de producción de lodos (m<sup>3</sup>/hab. año)

t : Tiempo de llenado del pozo (años)

A : Área de la sección transversal del pozo (m<sup>2</sup>)

- Altura de la capa del líquido



$$H1 = \frac{N \times Ta}{P \times Ti}$$

Ec. [5]

Dónde:

- N : Número de usuarios
- Ta : Tasa de aporte del líquido (l/hab. día)
- P : Perímetro exterior de la sección transversal del pozo (m)
- Ti : Tasa de infiltración del suelo (l/m<sup>2</sup>. día)
- Ta : Se determina mediante la fórmula:

$$Ta = n \times v \times ve$$

Ec. [6]

Dónde:

- N : Número de veces de uso del baño por día.
- V : Volumen de agua que se descarga por artefacto sanitario por cada uso, se sugiere adoptar (5 a 7) litros, para un arrastre adecuado, artefactos de bajo consumo de agua.
- Ve : Volumen de orina y heces que aporta cada persona por día, se adopta un promedio de 1.5 l/día

Las hipótesis básicas de cálculo son las siguientes: Producción anual de excretas de (0.05 a 0.06) m<sup>3</sup>/hab x año, volumen de orina adoptado igual a 1.3 l/día, volumen de agua que descarga el artefacto sanitario por cada uso (5 a 7) litros, para un arrastre adecuado de la orina y excretas respectivamente, empleando artefactos de bajo consumo. La tasa de infiltración del suelo se determina mediante ensayos de percolación.

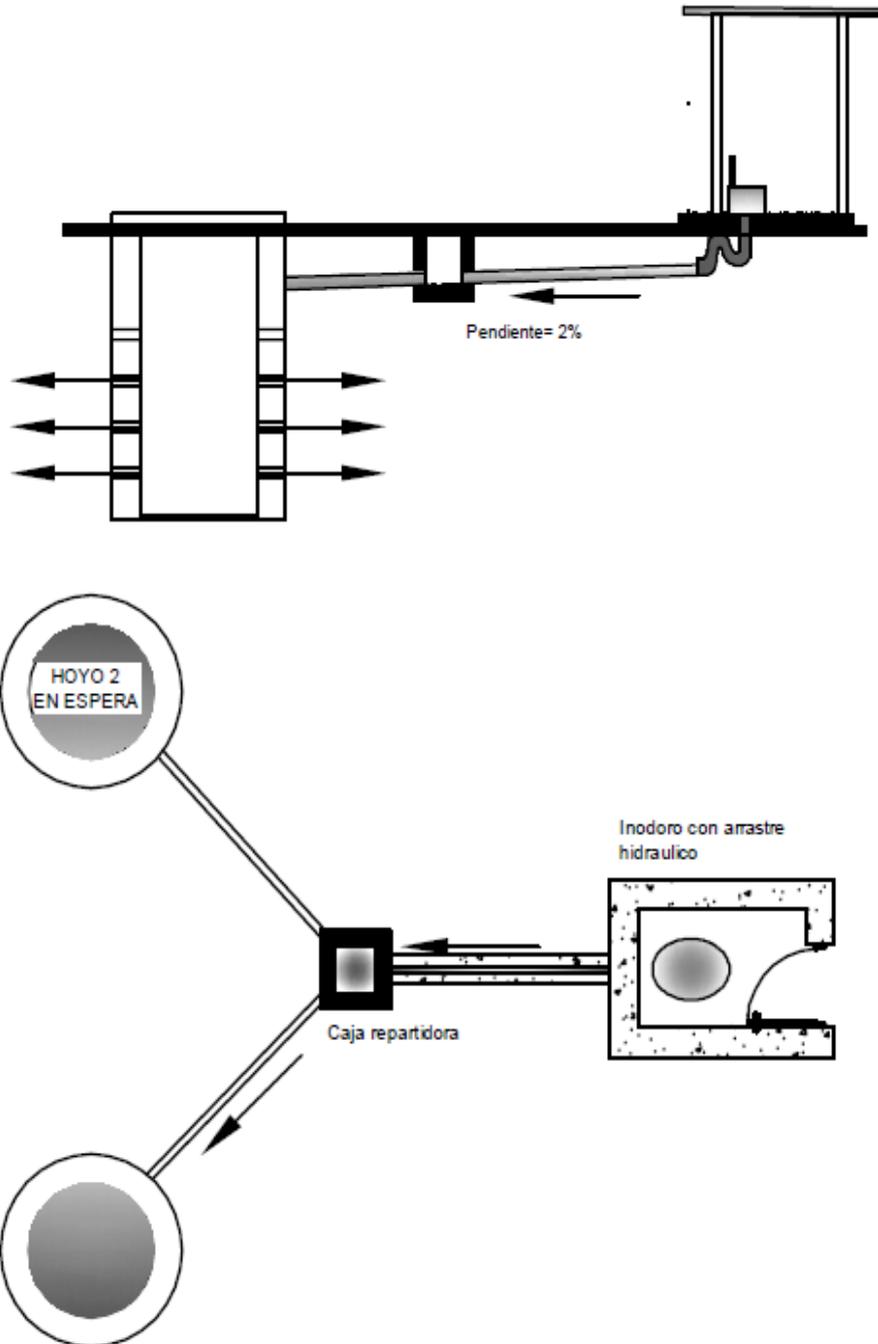


- Aspectos constructivos

A objeto de minimizar la contaminación cruzada entre el pozo en reposo y el usado, es recomendable que los pozos gemelos sean construidos con una separación igual a 3 veces el diámetro exterior de los mismos. Deben ser construidos alejados de cualquier fundación o cimentación de vivienda manteniendo una distancia mayor a (5 a 8) m. Su construcción requiere que el muro perimetral esté asentado en el fondo del pozo para prevenir su colapso. El artefacto sanitario, puede ser del tipo turco o tipo inodoro, con sifón incorporado. La caseta deberá guardar las dimensiones adecuadas y cómodas para el usuario, tomando en cuenta las instalaciones sanitarias contempladas, como el inodoro y/o lavamanos que pueda incorporarse en ella. Asimismo se tomará en cuenta la ventilación y luz suficiente. Es preferible que la puerta gire interiormente a objeto de mitigar los impactos negativos del viento. La tubería de desagüe tiene un diámetro DN 75 mm a DN 100 mm, de PVC o de cemento y se instala con una pendiente mínima del 2 %. La cámara distribuidora de caudales tiene una sección transversal de (40 x 40) cm y es colocada entre los pozos y la caseta del baño. El pozo tendrá un diámetro y profundidad según cálculo, debiendo mantener una distancia mínima, respecto al nivel de las aguas subterráneas, mayor a 1.5 metros. La estructura soporte del pozo de infiltración, los muros perimetrales, puede ser construida de mampostería de piedra, muro de ladrillo, hormigón simple, dependiendo de la disponibilidad de los materiales locales. Como área de filtración se consideran las paredes perimetrales del pozo, las cuales deberán contar con orificios para facilitar la infiltración de las aguas residuales en el suelo. El diámetro recomendado de la tubería de ventilación es de DN 50 mm, de PVC, conectado al ramal de descarga del inodoro. (Camacho, 2002, p.251)



Figura 6. Letrina arrastre hidráulico



Fuente: Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas, BOLIVIA 2002



### **3. ANALISIS Y RESULTADOS**

#### **3.1. Diseño e implementación de módulo de dotación de agua y saneamiento**

Entre las obras realizadas durante este proyecto para la dotación y saneamiento se encuentran:

- Captación de aguas lluvias.
- Tanque de almacenamiento.
- Ducha y letrina seca.
- Ducha y letrina con arrastre hidráulico.

Para un mejor análisis de los módulos desarrollados, se adjunta un manual de construcción, operación y mantenimiento. (Ver anexo I).

Esta sección tiene por finalidad dar a conocer los resultados cuantitativos de la construcción de los módulos detallados anteriormente.

#### **3.2. Selección de tecnologías apropiadas de agua y saneamiento**

El modelo de selección de tecnología desarrollado por eawag – 2005, define como grupo funcional a un menú de opciones tecnológicas que desarrollan una función similar en una etapa o proceso sistémico de un sistema de agua y/o saneamiento. El conjunto de grupos funcionales constituyen una secuencia de procesos sistémicos que partiendo de la captación de agua y/o generación de excretas o aguas residuales, concluye con el uso del agua a nivel domiciliario o la disposición final de las excretas y/o aguas residuales. Cada flujo muestra la secuencia lógica del funcionamiento de un sistema, desde el punto de generación hasta su destino o disposición final. Las opciones tecnológicas correspondientes a cada grupo funcional, se desarrollan en las fichas técnicas correspondientes a los componentes de agua potable y saneamiento. Las opciones presentadas son una sistematización de experiencias exitosas de implementación y desarrollo de tecnologías alternativas de agua y saneamiento en Bolivia. El trabajo de sistematización fue elaborado con base a experiencias propias e información obtenida de los propios involucrados como también por



ONG's, instituciones públicas, cooperación internacional, actores sociales y profesionales del Sector.

### 3.3. Evaluación del modelo físico construido

#### 3.3.1. Captación de aguas lluvias

Para este fin se utilizó una casa ubicada en la parte superior del campus de la UTPL (parte posterior ECOLAC) la cual tiene una superficie de cubierta de 60 m<sup>2</sup> con dos caídas de agua en los costados en la cual se recoge el agua lluvia en canaletas para continuar con las bajantes.

El agua se deposita en los pequeños tanques de ferrocemento de 60 litros para posteriormente conducirlos mediante tuberías de 75 mm tipo desagüe al tanque de almacenamiento.

Para obtener el caudal a almacenar se utilizó la precipitación mensual anual de la estación LA ARGELIA la cual es de 904.7 mm. Como se indica en la tabla siguiente.

**Figura 7. Captación de aguas lluvias**



Fuente: El Autor



Tabla 15. Precipitación media mensual en milímetros de la provincia de Loja

COD	ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
M033	LA ARGELIA	96,1	114,9	139,6	87,6	54,3	53,2	56,4	46,4	42,9	69,6	60,6	83,0	904,7
M060	EL CATAMAYO	35,8	68,3	76,2	52,8	23,5	7,1	2,6	5,9	12,2	41,0	25,1	30,9	381,4
M065	MACARA A	60,8	135,8	262,5	115,0	35,7	9,1	0,7	0,6	1,3	6,1	3,7	20,6	651,8
M142	SARAGURO	76,5	103,7	125,7	89,3	52,5	41,6	38,5	33,9	37,3	58,9	58,5	73,0	789,4
M143	MALACATOS	69,5	85,7	118,4	93,1	34,7	13,7	8,3	10,2	29,8	60,2	53,8	64,8	642,2
M144	VILCABAMBA	105,7	131,1	151,6	113,3	49,4	18	12,6	12,4	29,6	78,9	75,5	94,0	872,0
M145	QUINARA	155,6	96,0	118,6	114,8	115,2	7,8	6,6	0,1	30,4	109,2	63,4	141,6	959,0
M146	CARIAMANGA	130,8	229,2	236,4	327,7	218,1	75,9	19,0	7,9	10,4	26,3	64,6	63,0	1.409,20
M147	YANGANA	132,3	171,5	153,3	127,7	81,5	78,9	72,0	52,5	65,4	93,4	89,9	106,2	1.225,60
M148	CELICA	207,8	215,2	300,2	346,8	176,8	60,2	10,5	3,3	3,9	9,7	19,9	30,0	1.384,30
M149	GONZANAMA	139,0	181,2	211,5	179,7	69,7	22,5	17,5	13,3	39,4	88,7	82,6	106,2	1.151,30
M150	AMALUZA	135,7	165,7	218,9	136,3	59,5	3,7	4,1	3,7	15,0	47,4	69,7	91,3	951,20
M151	ZAPOTILLO	50,4	122,7	239,0	112,4	38,0	5,7	0,5	0,1	1,2	3,9	1,7	23,1	598,60
M240	LAS COCHAS	78,1	125,7	101,4	84,6	32,5	0,0	0,1	0,0	4,5	49,6	30,4	93,7	600,50
M241	QUILANGA	163,1	222,4	251,2	149,3	65,0	22,9	8,7	8,6	20,6	76,6	74,7	119,6	1.182,8
M432	SAN LUCAS	77,8	128,5	125,4	114,5	96,0	93,7	98,4	69,6	63,3	88,4	94,1	87,8	1.136,6
M433	EL LUCERO	140,3	160,5	236,5	154,4	68,3	17,2	7,4	7,5	15,9	54,0	57,8	127,4	1.047,5
M434	SOZORANGA	127,1	219,6	271,3	199,1	54,7	20,1	4,7	8,8	8,7	20,5	25,0	73,6	1.033,1
M435	ALAMOR	166,3	263,7	285,6	258,7	92,8	20,7	7,6	4,8	8,8	20,6	23,5	93,6	1.346,8
M437	ALAMOR EN SAUCILLO	78,2	146,8	273,6	126,2	21,2	5,1	1,9	0,1	0,3	2,8	6	39,1	701,4
M438	JIMBURA	174,7	244,6	280,4	175,3	67,2	9,1	6,3	6,1	23,5	74,6	75,9	134,7	1.272,3
M439	SABIANGO	148,3	272,9	354,8	205,4	70,5	20,2	5,4	4,8	7,1	13,5	22,4	69,1	1.194,5
M480	RIO PINDO	259,0	247,0	323,7	211,9	120,1	40,5	3,3	6,7	19,5	31,3	24,4	110,2	1.397,7
M515	CATACOCCHA	114,8	190,8	217,9	150,8	46,7	8,4	4	6,3	15,3	33,0	30,0	69,1	887,1
M542	EL CISNE	158,6	231,6	216,9	141,9	45,0	14,2	11,3	12,6	19,6	70,8	77,5	145,5	1.145,5
M543	CAJANUMA	101,2	139,9	178,4	132,2	65,4	61,2	62,9	53,0	40,4	81,5	76,3	102,5	1.095,7
M544	COLAISACA	128,8	211,2	246,5	204,4	81,0	21,3	5,4	13,3	15,1	49,4	39,2	80,4	1.095,8
M584	LAS JUNTAS	61,8	71,8	97,5	92,8	97,4	128,7	6,25	79,3	68,4	61,0	43,5	59,5	988,8
M750	AMALUZA	360,0	362,9	377,7	259,9	168,5	10,6	7,1	25,2	40,6	156,6	233,0	295,4	2.197,4
M751	BUENAVISTA	269,7	347,8	234,6	280,9	119,8	39,7	12,7	3,2	20,6	59,8	118,6	203,6	1.717,0
M752	CAZADEROS	130,7	159,3	182,7	162,9	159,1	129,5	31,9	1,1	1,3	5,4	9,1	98,4	1.071,2
M753	CIANO	396,3	397,0	442,3	425,3	181,9	37,2	20,1	3,1	11,9	78,3	97,4	379,0	2.469,7
M754	CHAGUARPAMBA	357,1	239,6	176,8	239,4	111,6	27,2	1,1	4,3	6,6	43,6	30,2	105,5	1.343,0
M755	CHAGUARGUAYCO	218,8	212,6	261,7	221,2	179,4	81,5	19,8	0,5	4,0	16,3	18,8	119,1	1.353,7
M756	CHANGAIMINA	195,0	223,9	217,7	240,3	158,5	6,2	26,4	18,8	28,6	75,0	50,3	115,1	1.355,9
M757	EL LIMO	293,1	352,9	324,7	301,5	62,6	20,0	2,1	4,7	3,2	13,1	7,2	44,5	1.429,4
M758	EL PRADO	233,8	377,7	333,8	282,1	106,9	28,9	8,9	13,2	17,9	52,2	61,1	171,5	1.647,9
M759	EL TAMBO	67,8	190,8	171,9	132,6	53,9	9,3	5,3	13,4	31,0	101,5	68,1	78,7	924,3
M760	LAURO GUERRERO	241,2	353,7	317,3	211,7	64,0	18,4	3,4	1,2	10,8	36,7	32,0	104,8	1.394,9
M761	EL LUCERO	120,6	192,6	279,5	198,9	115,1	39,1	9,8	10,3	19,7	70,1	70,5	199,2	1.325,3
M762	MERCADILLO	189,1	294,1	290,2	255,8	101,4	21,1	8,3	5,2	6,3	20,5	28,5	136,6	1.357,0
M763	NAMBACOLA	62,0	122,3	185,8	140,6	51,5	12,8	7,6	8,6	16,5	73,7	41,1	61,3	783,7
M764	QUINARA	97,6	9,1	141,4	105,0	61,8	9,6	4,4	7,8	23,2	83,1	61,3	113,5	717,8
M765	SABANILLA	143,2	196,8	235,4	123,4	27,7	17,8	7,8	0,8	2,3	5,2	13,7	60,3	834,4
M766	SABIANGO	201,0	215,4	309,2	240,7	124,3	48,8	5,8	5,3	8,9	19,6	33,3	105,5	1.317,7
M767	SAN LUCAS	67,0	78,6	95,9	121,7	67,5	94,0	8,38	71,7	68,5	98,5	84,0	104,7	1.032,7
M768	SOZORANGA	157,8	217,3	308,1	210,8	102,1	73,1	12,3	26,5	24,1	38,5	34,3	98,3	1.303,30

Fuente: Valores de precipitación promedios de 1976 -2000 ODEPLAN, MAG, DINAREN, 2002



Debido a la variabilidad de precipitación que caracteriza a nuestra ciudad se ha decidido realizar el siguiente cuadro, para mostrar los diferentes volúmenes que se pueden alcanzar de acuerdo con la variabilidad del techo disponible de la vivienda.

De acuerdo con la tabla la precipitación máxima anual se presenta en el mes de marzo, y la mínima en el mes de septiembre

• **Volumen neto a captar**

Dotación      20      l/ha/día  
 hab=            5            hab/flia

**Tabla 16. Volumen de agua de acuerdo con datos hidrológicos**

LUGAR	PRECIPITACION ANUAL mm		VOLUMEN REQUERIDO		AREA DE TECHO (m <sup>2</sup> )				
			Cantidad	Unidad	30	40	50	60	70
Loja	ANUAL	904.6	36.5	m <sup>3</sup> /año	24.42	32.57	40.71	48.85	56.99
	MAXIMO	139.6	3.1	m <sup>3</sup> /mes	3.7	5.0	6.2	7.5	8.7
	MEDIA	70.6			1.9	2.5	3.1	3.8	4.4
	MINIMO	42.9			1.1	1.5	1.9	2.3	2.7

\*Valores de precipitación promedios de 1976 -2000 \*Fuente: ODEPLAN, MAG, DINAREN, 2002.

**Tabla 17. Costos directos constructivos**

CAPTACION AGUAS LLUVIAS					
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(\$)	TOTAL(\$)
1	Pequeño tanque de ferrocemento 60 litros	u	2.00	7.20	14.40
2	Tubería desagüe 75 mm	u	3.00	3.27	9.81
3	Tubería desagüe 50 mm	u	3.00	3.75	11.25
4	Codo 90 75 mm	u	4.00	0.4	1.60
5	Tee 50 mm	u	1	1.4	1.40
6	Canaletas	u	10	2	20.00
				<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 58.46</b>

Con un techo de 60 m<sup>2</sup> se capta un volumen mínimo mensual de 2.3 m<sup>3</sup>, y un volumen promedio anual de 3.8 m<sup>3</sup>.



### 3.3.2. Tanque de almacenamiento

El tanque se lo construyó a un nivel inferior para que el agua se deposite por la acción de la gravedad se recomienda tener mucho cuidado en el lugar de implantación del tanque de tal manera que la capacidad portante del suelo soporte la construcción del tanque y de su funcionamiento cuando se encuentre lleno.

Como encofrado se utilizó planchas de tol ubicadas en la cara interior del tanque, el armado se lo realizó con malla hexagonal, alambre galvanizado y a su vez reforzado con 3 anillos de acero de diámetro  $\Phi$  8 mm con lo cual se cumple la cuantía mínima  $A_s = 2 \text{ cm}^2$

Como resultado se obtuvo un tanque de almacenamiento de  $1 \text{ m}^3$  de volumen con una altura de 1.5 m y 1 m de diámetro. Para todo el proceso se utilizó un mortero con relación 1:2

Se deben hacer las conexiones la que viene de la captación y la tubería de excesos si fuere necesario.

Figura 8. Tanque de ferrocemento



Fuente: El Autor



## CANTIDAD DE MATERIALES

Diámetro: 1.2 m  
Altura: 1 m  
Espesor pared: 0.06 m

Tabla 18. Cantidad de materiales

VOLUMEN m <sup>3</sup>	CANTIDAD				
	Acero		Cemento	Arena	Malla hexagonal
	As(cm <sup>2</sup> )	l(m)	kg	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>
1	2	11.31	195.84	0.08	3.77

Tabla 19. Costos directos constructivos

TANQUE CISTERNA					
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(\$)	TOTAL(\$)
1	Cemento	kg	117.62	0.1432	16.84
2	Arena	m <sup>3</sup>	0.16	1.5	0.24
3	Malla hexagonal	m <sup>2</sup>	3.77	0.849	3.20
4	Acero	m	11.31	0.4	4.52
<b>TOTAL:</b>					<b>\$ 24.81</b>

**3.3.3. Ducha, letrina seca y arrastre hidráulico.**

Este módulo compone varios elementos que puedan ser elaborados y contruidos separadamente para luego integrarlos, a continuación se los enumera con sus respectivas características.

Para la estructura de los módulos se deben construir 2 losetas de diferentes tamaños una de (90 x 1.10) cm que se ubica en la parte inferior en contacto con el suelo, y la segunda de (70 x 110) cm que sirve como techo y soporta el peso del tanque de ferrocemento ubicado en la parte superior.

Para la elaboración primero se debe construir una parrilla de acero de diámetro  $\Phi$  8 mm, luego es fundida con mortero relación 1:2, el resultado es una losa pequeña de espesor 5 cm lo cual la hace liviana y que pueda trasladarse al lugar donde se construirá la ducha y letrina correspondientemente.



Figura 9. Losetas



Fuente: El Autor

Tabla 20. Cantidad de materiales

DESCRIPCIÓN u	LONGITUD m	ANCHO m	ESPESOR m	CANTIDAD		
				Acero( $\Phi$ 8 mm) l	Cemento kg	Arena m <sup>3</sup>
Loseta inferior	1.1	0.9	0.05	8.90	42.86	0.02
Loseta superior	1.1	0.7	0.05	7.90	33.33	0.01

Tabla 21. Costos directos constructivos

LOSETA SUPERIOR					
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(\$)	TOTAL(\$)
1	Cemento	kg	28.08	0.1432	4.02
2	Arena	m <sup>3</sup>	0.04	1.5	0.05
3	Acero	m	9.30	0.4	3.72
<b>SUBTOTAL:</b>					<b>\$ 7.80</b>
LOSETA INFERIOR					
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(\$)	TOTAL(\$)
1	Cemento	kg	20.02	0.1432	2.87
2	Arena	m <sup>3</sup>	0.03	1.5	0.04
3	Acero	m	7.90	0.4	3.16
<b>SUBTOTAL:</b>					<b>\$ 6.07</b>
<b>TOTAL:</b>					<b>\$ 13.86</b>



### 3.3.3.1. Pequeño tanque de ferrocemento

Es un elemento importante dentro del componente debido a que distribuye agua a este pequeño sistema, se debe tener cuidado al momento de construirlo para que después no presente fisuras que pueda comprometer el almacenamiento del agua.

Como encofrado se utilizó un saco de yute, del tamaño que sea el saco será el volumen del tanque.

Para su construcción se realizaron 2 aros de acero uno para la base, y un segundo para el cuello.

También se realizó un tejido de alambre de amarre que sirvió como refuerzo del elemento.

Figura 10. Pequeño tanque de ferrocemento



Fuente: El Autor

**Cantidad De Materiales**

ESPESOR PARED= 0.05 m

**Tabla 22. Cantidad de materiales pequeño tanque de ferrocemento**

DESCRIPCION	DIAMETRO m	ALTURA m	CANTIDAD		
			Acero( $\Phi$ 8 mm) l	Cemento kg	Arena m <sup>3</sup>
Pequeño tanque de ferrocemento(60 litros)	0.6	0.8	3.77	65.28	0.03
Pequeño tanque de ferrocemento(120litros)	0.8	1.2	5.03	130.56	0.05

**Tabla 23. Costos directos constructivos**

PUEQUEÑO TANQUE DE FERROCEMENTO 60 LITROS					
No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(\$)	TOTAL(\$)
1	Cemento	kg	39.21	0.1432	5.61
2	Arena	m <sup>3</sup>	0.05	1.5	0.08
3	Acero	m	3.77	0.4	1.51
				<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 7.20</b>
PEQUEÑO TANQUE DE FERROCEMENTO 120 LITROS					
No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(\$)	TOTAL(\$)
1	Cemento	kg	78.41	0.1432	11.23
2	Arena	m <sup>3</sup>	0.10	1.5	0.15
3	Acero	m	5.03	0.4	2.01
				<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 13.39</b>

Tiempo de descarga: 25 minutos.

Caudal: 0.6 l/s

**3.3.3.2. Lavamanos**

Se trata de un lavamanos realizado con mortero que cumple las funciones de un lavacara o lavaplatos, se instala a un lado de la ducha para seguir la línea de distribución del agua y de esta manera ahorrar tubería.

El molde se lo puede construir dependiendo de los materiales disponibles en el sitio, ya sea de arena o arcilla, cualquiera de los 2 tipos de moldes funciona bien y se obtiene un buen resultado



Todo se elaboró con mortero con relación 1:2, como refuerzo se hizo un marco de acero de diámetro  $\Phi$  8 mm, se debe curar dos días, después se quitó la arena o arcilla y se pasó una lechada de cemento para eliminar cualquier imperfección.

Figura 11. Lavamanos



Fuente: El Autor

Tabla 24. Cantidad de materiales lavamanos

CANTIDAD DE MATERIALES						
DESCRIPCION	LONGITUD m	ANCHO m	ESPESOR m	CANTIDAD		
				Acero ( $\Phi$ 8 mm)	Cemento	Arena
				l	kg	m <sup>3</sup>
LOSETA SUPERIOR	1.2	0.7	0.05	5.70	46.28	0.059

Tabla 25. Costos directos constructivos

LAVAMANOS					
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(\$)	TOTAL(\$)
1	Cemento	kg	46.28	0.1432	6.63
2	Arena	m <sup>3</sup>	0.06	1.5	0.09
3	Acero	m	5.70	0.4	2.28
<b>TOTAL:</b>					<b>\$ 9.00</b>



### 3.3.3.3. Inodoro

Existen 2 tipos de inodoros construidos y probados estos son:

- Inodoro simple para el cual el material necesario es la arcilla para realizar el molde correspondiente al inodoro, que de la misma manera que el lavamanos se lo construyó de mortero con relación 1:2, no es necesario colocar refuerzo.

Figura 12. Inodoro



Fuente: El Autor

Tabla 26. Cantidad de materiales inodoro

CANTIDAD DE MATERIALES					
DESCRIPCION	LONGITUD	DIAMTERO	ESPESOR	CANTIDAD	
				Cemento	Arena
				kg	m <sup>3</sup>
Inodoro	0.4	0.5	0.05	16.34	0.031

Tabla 27. Costos directos constructivos

INODORO					
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(\$)	TOTAL(\$)
1	Cemento	kg	16.34	0.1432	2.34
2	Arena	m <sup>3</sup>	0.03	1.5	0.05
<b>TOTAL:</b>					<b>\$ 2.39</b>



- Inodoro con adaptación a sifón el cual es construido con arcilla para realizar el molde con un agujero correspondiente al inodoro con sifón, lavamanos se lo construye de mortero con relación 1:2, es necesario colocar refuerzo en el fondo del agujero una varilla circular de  $\Phi$  8 mm y otra en la parte superior de igual diámetro y unir las mediante alambre galvanizado #8.

Tabla 28. Cantidad de materiales inodoro con sifón

CANTIDAD DE MATERIALES						
Descripción	Longitud m	Diámetro m	Espesor m	CANTIDAD		
				Acero ( $\Phi$ 8 mm)	Cemento	Arena
				l	kg	m <sup>3</sup>
INODORO	0.4	0.5	0.05	2.51	32.67	0.029

Tabla 29. Costos directos constructivos

INODORO CON SIFON					
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(\$)	TOTAL(\$)
1	Cemento	kg	32.67	0.1432	4.68
2	Arena	m <sup>3</sup>	0.03	1.5	0.04
3	Acero	m	2.51	0.4	1.01
				<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 5.73</b>

Caudal de descarga: 6 litros

### 3.3.3.4. Letrina

La paredes de los módulos tanto de la ducha como de la letrina son de planchas de zinc de (1.90 x 2.4) m, se usan 3 calaminas unidas por remaches para formar un módulo.

A estas calaminas unidas se colocan listones de madera en los costados para apoyar sobre ellos la loseta.

La calamina al ser de una forma ondulada y colocarla de una manera de arco cumple la función estructural del módulo, en la parte frontal la loseta se asienta en los listones y en la parte posterior esta se asienta en el arco, cumpliendo su función estructural debido a que en la parte superior se ubica el pequeño tanque de ferrocemento lleno de agua y de la misma manera un calefón solar.



Como prueba se ha colocado un peso total de 250 kg. Sobre el modulo armado sin que ocurra fatiga alguna.

Figura 13. Módulos letrinas



Fuente: El Autor

Tabla 30. Costos directos constructivos letrina hoyo seco

LETRINA SECA					
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(\$)	TOTAL(\$)
1	Plancha de Zinc	u	3.00	5.215	15.65
2	Losetas	m <sup>3</sup>	2.00	13.86	27.72
3	Ladrillos	m	12.00	0.4	4.80
4	Listones	u	3.00	1.5	4.50
5	Cemento	kg	10	0.1432	1.43
6	Arena	m <sup>3</sup>	0.04	1.5	0.06
7	Tuberia desagüe 75 mm	u	1.00	3.75	3.75
8	tapa inodoro	u	1.00	4.75	4.75
9	Inodoro	u	1.00	2.39	2.39
				<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 65.05</b>



Tabla 31. Costos directos constructivos letrina de arrastre hidráulico

LETRINA CON ARRASTRE HIDRULICO					
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(\$)	TOTAL(\$)
1	Plancha de Zinc	u	3.00	5.215	15.65
2	Losetas	m <sup>3</sup>	2.00	13.86	27.72
3	Listones	u	3.00	1.5	4.50
4	Cemento	kg	10	0.1432	1.43
5	Arena	m <sup>3</sup>	0.04	1.5	0.06
6	Tubería desagüe 50 mm	u	2.00	3.75	7.50
7	Sifón desagüe 75 mm	u	1.00	6.8	6.80
8	Tapa inodoro	u	1.00	4.75	4.75
9	Inodoro	u	1.00	5.73	5.73
				<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 74.14</b>

### 3.3.3.5. Ducha

La ducha está conformada de igual manera que la letrina salvo que en su interior contiene cortadoras para la provisión de agua y las conexiones al pequeño tanque de ferrocemento

Figura 14. Ducha



Fuente: El Autor



Tabla 32. Costos directos constructivos

DUCHA Y CONEXIONES					
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(\$)	TOTAL(\$)
1	Plancha de Zinc	u	3.00	0.14	0.43
2	Losetas	m <sup>3</sup>	2.00	1.50	3.00
3	Listones	u	3.00	1.50	4.50
4	Cemento	kg	10.00	0.14	1.43
5	Arena	m <sup>3</sup>	0.04	1.50	0.06
6	Tubería de 1/2" agua fría	u	1.00	5.00	5.00
7	Tubería de 1/2" agua caliente	u	1.00	8.00	8.00
8	codo 1/2" 90	u	7.00	0.40	2.80
9	llave de corte 1/2"	u	5.00	2.00	10.00
10	Lavamanos	u	1.00	9.00	9.00
11	HERRAMIENTA MENOR 5%				2.21
				<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 46.43</b>

### 3.3.3.6. Módulo de dotación de Agua y saneamiento

Reunidas cada uno de los complementos construidos anteriormente a continuación el resumen de costos para cada módulo construido he implementado.

Figura 15. Modulo completo



Fuente: El Autor



**Tabla 33. Costos Directos De Modulo Completo De Tecnologías Apropriadas**

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(\$)	TOTAL(\$)
1	Captación de aguas lluvias	u	1	58.46	58.46
2	Cisterna	u	1	24.81	24.81
3	Letrina seca	u	1	65.05	65.05
4	Ducha y conexiones	u	1	46.43	46.43
				<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 194.74</b>

**Tabla 34. Costos Directos De Modulo Completo De Tecnologías Apropriadas**

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO(\$)	TOTAL(\$)
1	Captación de aguas lluvias	u	1	58.46	58.46
2	Cisterna	u	1	24.81	24.81
3	Letrina con arrastre hidráulico	u	1	74.14	74.14
4	Ducha y conexiones	u	1	46.43	46.43
				<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 203.83</b>

### 3.4. Discusión de resultados

La mano de obra es un factor importante a considerar, sin embargo este proyecto considera que la comunidad misma es la ejecutora de la construcción y cuidado del sistema.

Los costos presentados en este trabajo son directos, y dependiendo del lugar donde se quiera ubicar el proyecto deben analizar otros costos que se producirían como el transporte, costos indirectos, entre otros.

Los módulos construidos a pesar de utilizar materiales de bajo costo tienen buen aspecto y brindan comodidad al usuario.

Los costos de un sistema convencional para la conexión de agua potable y saneamiento se presentan a continuación con el fin de comparar con los resultados obtenidos en este proyecto.



Tabla 35. Materiales de construcción sistema convencional

N.	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	COSTO TOTAL
2	Arena fina	m <sup>3</sup>	0.1	18	1.80
3	Arena Gruesa	m <sup>3</sup>	0.1	13	1.30
4	Cemento	kg	80	0.13	10.40
5	Alambre de amarre	kg	0.1	2.48	0.25
6	Ladrillo 29x14x9	u	82	0.21	17.22
7	Duchas FV	u	1	23.18	23.18
8	Tubería abasto inodoro	u	1	0.62	0.62
10	Polipega	Litro	0.85	11.6	9.86
11	Tubería PVC -S 50mm Desagüe	m	7	1.8	12.60
12	Tubería PVC-S E/C DESAGUE 110mm	m	23	4.49	103.27
13	Accesorios para Tub. 1/2"	global	1	0.46	0.46
14	Llave de paso Mc. RED WHITE H.G. D=1/2 pulg.	u	1	15.29	15.29
15	Permatex	Onz	1.3	5.15	6.70
16	Tee PVC ½	u	21.8	0.49	10.68
17	Teflón	Rollo	3.25	0.32	1.04
18	Tubería Roscable PVC 1/2 420 PSI	m	36.6	2.21	80.89
19	Unión PVC ½	u	16	0.45	7.56
20	Universal HG ½ pulg.	u	1	1.4	1.40
21	Válvula RW D=½ pulg.	u.	5	13.65	68.25
22	Acero de refuerzo	kg	19.2	1.08	20.74
23	Codo PVC ½ pulg.	u	10	0.33	3.30
24	Grifería Para lavamanos	u	1	18.68	18.68
25	Hormigón simple de 210 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	0.24	135.2	32.46
26	Inodoro	u	1	64.4	64.40
27	Lavamanos	u	1	32.2	32.20
28	Lavaplatos acero inoxidable	u	1	55.96	55.96
29	Llave de Pico ½ pulg.	u	1	6.96	6.96
30	Llave Fv para ducha	u	1	19.32	19.32
31	Mampostería de ladrillo	m <sup>2</sup>	5	12.88	64.40
32	Mezcladora de ducha FV Lumina Cromo Cód. 109-26	u	0.18	16.49	2.97
33	Neplo PVC PR-1/2 pulg.	u	5	0.19	0.95
35	Tubería PVC PR de ½ pulg.	m	15	2.21	33.15
36	Universal PVC-P U/Pc ½ pulg.	u	5	1.28	6.40
				Total:	\$ 774.41

Si comparamos los costos de la tecnologías apropiadas contra un sistema convencional de ducha y aparatos sanitarios, sin tomar en cuenta la mano de



obra, se observa que las tecnologías apropiadas resultan ser más económicas en un 63.68% del costo comparado.

### 3.5. Beneficios

Asumiendo que una comunidad se compone por 10 familias en promedio y que una familia se conforma por 5 personas, para un periodo de diseño de 10 años se tiene:

#### Ahorro por acarreo de agua

Promedio de miembros c/familia: 5  
 Costo diario de acarreo de agua: \$0.40  
 Porcentaje de familias que acarrear el agua: 65%

Tabla 36 Beneficios por ahorro en acarreo de Agua

PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)	POBLACION (HAB)	No. FAMILIAS	COSTO ACARREO DE AGUA MENSUAL (\$)	COSTO ACARREO DE AGUA ANUAL (\$)
0	50	10	78.36	940.3
1	51	10	79.54	954.4
2	52	10	80.73	968.7
3	52	10	81.94	983.3
4	53	11	83.17	998.0
5	54	11	84.42	1 013.0
6	55	11	85.68	1 028.2
7	55	11	86.97	1 043.6
8	56	11	88.27	1 059.3
9	57	11	89.60	1 075.2
10	58	12	90.94	1 091.3
TOTAL			<b>\$929.61</b>	<b>\$11 155.26</b>

TOTAL DE AHORROS POR ACARREO DE AGUA:

**\$11 155.26**

Al final del periodo de diseño la comunidad se ahorrara 11 155.26 dólares

#### Ahorro por gastos médicos

Porcentaje de la Población que incurre en atención médica: 65%  
 Costo promedio de consulta médica: \$ 5.00  
 Costo promedio de receta médica: \$ 10.00  
 Número de atenciones por año: 1



Tabla 37 Beneficios por ahorro en gastos médicos

PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)	POBLACION (HAB)	CONSULTA MÉDICA ANUAL (\$)	GASTOS EN MEDICINAS ANUAL (\$)	TOTAL POR AÑO (\$)
0	50	162.50	500.00	662.50
1	51	164.94	507.50	672.44
2	52	167.41	515.11	682.52
3	52	169.92	522.84	692.76
4	53	172.47	530.68	703.15
5	54	175.06	538.64	713.70
6	55	177.68	546.72	724.41
7	55	180.35	554.92	735.27
8	56	183.06	563.25	746.30
9	57	185.80	571.69	757.50
10	58	188.59	580.27	768.86
	TOTAL	\$1 927.78	5 931.63	7 859.41

TOTAL EN AHORROS MÉDICOS:

**\$7 859.41**

Fuente: El Autor

Al final del periodo de diseño la comunidad se ahorrara 7 859.41 dólares



## 4. CONCLUSIONES

- Este proyecto aporta con soluciones convenientes en dotación de agua y saneamiento para comunidades rurales, de tal manera que es un 63.68% más económica que la solución convencional.
- La implementación de las tecnologías alternativas propuestas para solucionar la falta de servicios básicos en las comunidades rurales son viables y existe la información básica suficiente para determinar los parámetros de diseño y elaborar los estudios para este fin.
- El diseño de estructuras pequeñas de almacenamiento fabricadas con materiales de construcción conocidos y al alcance de los usuarios, ganan sostenibilidad de forma que su fabricación y capacitación conlleve al involucramiento en la ejecución del proyecto.
- Al final del proyecto se obtiene un Manual de construcción en un lenguaje práctico que permita ser entendido e interpretado por los usuarios, este debe servir de base para futuras aplicaciones y que debe ajustarse a cada proyecto específico a implementarse.
- Las propuestas planteadas comparadas con las tradicionalmente aplicadas son baratas y socialmente sostenibles.
- Para demostrar las bondades de la propuesta, se ha construido un modelo físico ubicado en el campus universitario que permite exponer valorar y mostrar su completo funcionamiento para su análisis y mejoramiento.



## 5. RECOMENDACIONES

- Mayor concientización por parte de las personas formadas para atender y solucionar problemas sociales, como también la socialización de proyectos como este destinados a satisfacer dichas necesidades.
- Planificar procesos de socialización con los sectores rurales provinciales a fin de que se conozca las disponibilidades de estas soluciones que podrían aplicarse a sus problemas.
- Seguir con la investigación en este tema con el fin de disponer una gama alta de soluciones que son un aporte importante este tema.
- Continuar el proceso investigativo implementándolo en una comunidad rural.
- En las tecnologías apropiadas se requiere de una constante capacitación a los usuarios para lograr que los sistemas se mantengan operativos.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- CAMACHO GARNICA Álvaro, 2002, “GUIA TECNICA DE DISEÑO Y EJECUCION DE PROYECTOS DE AGUA Y SANEAMIENTO CON TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS”, Ministerio de agua y saneamiento de Bolivia, Bolivia, pag. 33 – 65.
- AGÜERO PITTMAN Roger, 1997, “AGUA POTABLE PARA POBLACIONES RURALES”, Perú, pag. 3 – 11.
- OPS, 2006, “ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO UTILIZADAS EN EL AMBITO RURAL”, Perú, pag. 27 – 31.
- HERNANDEZ VENENCIA Henry, “TECNOLOGÍAS APROPIADAS EN AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO”, 2da edición, pag. 15 - 28.
- Tratado de cooperación amazónica, 2008, “TECNOLOGIAS APROPIADAS Y APROPIABLES DE CONSTRUCCION SANEAMIENTO BASICO Y ENERGIAS ALTERNATIVAS”, Venezuela, pag. 41 – 49.
- MORATO Jordi et al, 2008, “TECNOLOGIAS SOSTENIBLES PARA POTABILIZACION Y EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES”, Argentina, vol. 2, pag. 14.
- BOSCH christophe et al, 2010, “AGUA, SANEAMIENTO Y LA POBREZA”, Colombia, pag. 25 – 27.
- Norma tecnica INEN, 2003, “Codigo de practica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural..
- Unidad de apoyo técnico en saneamiento básico rural, 2001, “GUIA DE DISEÑO PARA LA CAPTACION DE AGUA LLUVIA”, Perú, pag. 2 – 8.
- JIMENEZ alvaro, 2011, “ ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO EN ZONAS RURALES DE PAISES EN DESARROLLO, SITUACION ACTUAL Y DESAFIOS PARA EL FUTURO”, Revista española de estudios agrosociales y pesqueros, España.



## **7. ANEXOS**

### **7.1. Manual de construcción de las tecnologías apropiadas en dotación de agua y saneamiento en comunidades rurales.**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR**

# **MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS APROPIADAS EN DOTACIÓN DE AGUA Y SANEAMIENTO EN COMUNIDADES RURALES**



Max Torres

Max Vicente Torres Castro

EMASER-LOJA ECUADOR

Mayo 2013



**INDICE**

<b>1. PEQUEÑO TANQUE DE FERROCEMENTO.....</b>	<b>2</b>
<b>2. TANQUE DE FERROCEMENTO.....</b>	<b>8</b>
<b>3. LETRINA HOYO SECO.....</b>	<b>12</b>
<b>4. LETRINA CON ARRASTRE HIDRÁULICO.....</b>	<b>19</b>
<b>5. DUCHA Y LAVAMANOS .....</b>	<b>25</b>



## PEQUEÑO TANQUE DE FERROCEMENTO

Este tipo de recipiente es muy económico, durable y puede ser construido en casi todo lugar el tamaño puede ser de 60 litros y 120 litros

Herramientas:

- Badilejo
- Alicata
- Brocha
- Llana de madera
- Recipiente

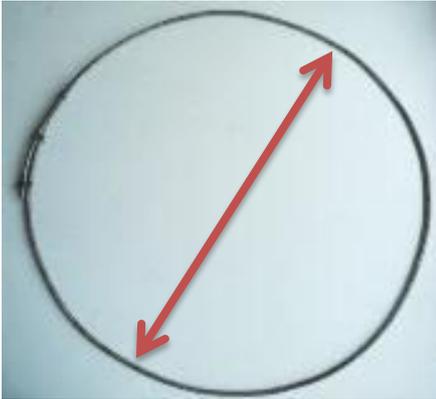
Materiales:

- 2 anillos de hierro, para base y cuello.
- Alambre de hierro galvanizado.
- Un saco del tamaño que se desee hacer el canarito.
- Arena, tierra.
- Cemento.
- 2 enchufes.

Especificaciones:

- Diámetro= 0.40 m, altura= 0.80 m (60 l).
- Diámetro= 0.80 m, altura= 1.00 m (120 l).
- Mortero 1:3, 1 de cemento, 3 de arena.
- Enchufes de ½" d.
- 0.2 m<sup>3</sup> de arena, Relación agua cemento(a/c) 0.6.



#	DESCRIPCION	FIGURA
1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Para el tanque pequeño de ferrocemento de 120 litros cortar 2 pedazos de acero uno de 1.20 m para la base y otro el de 1.00 m para el cuello</li><li>• Para el tanque de 60 litros cortar 2 pedazos de acero, uno de 0.80 m para la base y otro de 0.60 m para el cuello</li></ul>	<p>Figura 16 Varilla de acero corrugada</p>  <p>Fuente: el Autor</p>
2	<p>Moldear los pedazos de acero hasta obtener dos circunferencia una de 0.80 m de diámetro y la otra de 0.40 m de diámetro para la base y cuello respectivamente.</p>	<p>Figura 17 Circunferencia de acero</p>  <p>Fuente: el Autor</p>
3	<p>Colocar alambre en forma radial a la circunferencia de acero, con un espaciamiento de 5 cm y una longitud total de 2.90 m por cada alambre lo que permite dejar alambre suficiente a los extremos para poder hacer el revestimiento</p>	<p>Figura 18 Alambre galvanizado forma radial</p>  <p>Fuente: el Autor</p>



4	<p>Escoger un lugar plano y con suficiente espacio para realizar la base con una mezcla que tenga una dosificación de 3:1 (arena: cemento) y esparcir hasta lograr un espesor uniforme de 3 cm.</p>	<p><b>Figura 19 Base de mortero</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
5	<p>Sobre la base colocar la circunferencia con alambre descrita en el paso 3 y después de 10 minutos cubrirla completamente con otra capa de mezcla de modo que quede completamente sumergida.</p>	<p><b>Figura 20 Anillo de acero colocado sobre la base</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
6	<p>Para elaborar el tanque el molde debe tener un diámetro de 0.80 m y una altura de 1.20 m para el tanque de 120 litros; y un diámetro de 0.40 con una altura de 0.60 m para el de 60 litros.</p> <p>En la base colocar con cuidado un saco de yute lleno de arena o tierra y moldearlo con la forma cilíndrica requerida, atar el borde con un alambre para evitar que pierda la forma.</p>	<p><b>Figura 21 saco lleno de arena moldeado</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>



7	<p>Revestir el saco con una capa de mortero de 3 cm de espesor uniformemente de manera que quede una abertura para definir la boca del tanque.</p> <p>En la abertura destinada para la boca colocar la circunferencia de 0.40 m de diámetro elaborada en el paso 2.</p>	<p><b>Figura 22 recubrimiento del saco</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
8	<p>Extender los alambres sobrantes de la base y amarrarlos con la circunferencia ubicado en la boca, luego amarrar alambre galvanizado #8 en forma horizontal por todo el tanque con una separación de (5 a 10) cm.</p>	<p><b>Figura 23 refuerzo</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
9	<p>Enlucir el tanque nuevamente con una capa de mortero con relación 3:1 (arena: cemento) con un espesor de 3 cm aproximadamente de tal manera que cubra todo el alambre anteriormente amarrado.</p>	<p><b>Figura 24 Recubrimiento sobre el refuerzo</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>



10	<p>Con una llana lisa y agua dar un acabado estético al tanque de tal manera que no queden deformaciones y esto pueda provocar una grieta posteriormente.</p>	<p><b>Figura 25 moldeado y acabado</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
11	<p>Al día siguiente sacar la arena y el saco de yute cuidadosamente y pasar una lechada de agua y cemento relación 2:1 (cemento: agua) con un brocha de forma pareja tanto por la parte exterior como interior.</p>	<p><b>Figura 26 Vaciado arena</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
	<p>Realizar orificios en el tanque y adaptar pedazos de tubería de ½ pulg. de 10 cm que sirven como conectores para la entrada y salida del agua. Revestir la base de la unión para que no existan luego filtraciones.</p> <p>Llenar de agua y dejar reposar tres días para curar el tanque y poder evidenciar grietas en caso de que lo haya.</p>	<p><b>Figura 27 Enchufes y curado</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>



## OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

<b>Actividad</b>	<b>Acciones</b>
- Revisión exterior	Verificar si existen exudaciones o fugas
- Corrección de filtraciones	Impermeabilizar con aditivos internamente
- Filtraciones en accesorios	Verificar el comportamiento de los accesorios
- Limpieza	Evacuar cada 3 meses el agua contenida para retirar residuos no deseados



## TANQUE DE FERROCEMENTO

En lugares donde no se puede cavar se puede construir la cisterna superficial modelo EMAS. En realidad es un tanque clásico de ferro cemento con la única diferencia que es más compacto, no lleva cimientos y por lo tanto es más resistente a fisuras. Su construcción es sencilla y sobre todo muy económica ya que no se gasta mucho material ni madera para su construcción.

Herramientas:

- Pico
- Pala
- Sierra
- Alicata
- Badilejo

Materiales:

- 3 anillos de 1,20 m de diámetro.
- 1 anillos de 60 cm. Alambre de gallinero.
- 2 Kg. De alambre de amarre.
- Cemento.
- Arena fina

#	DESCRIPCION	FIGURA
1	<p>Para un tanque de 1.20 m x 1.6 m utilizar planchas de tol para realizar el molde o encofrado, luego reforzar con tres anillos de acero y sobre ellos colocar malla hexagonal en todo el molde.</p> <p>Dejar 40 cm sobrante de malla en la parte superior para posteriormente construir el cuello del tanque.</p>	<p><b>Figura 28 Molde de Tanque</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>



2	<p>Buscar el lugar correcto donde se implantará el tanque de ferrocemento debido a que este una vez esté lleno de agua ejercerá presiones sobre el suelo. La base es de 1.20 m de diámetro, dejar un espacio libre de alrededor 30 cm para facilitar la construcción.</p>	<p><b>Figura 29 Base del Tanque</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
3	<p>Para la base de la cisterna realizar un asiento circular en forma de embudo al revés. Colocar una capa de mortero de 5 a 10 cm sobre el suelo para impermeabilizar la base.</p>	<p><b>Figura 30 Forma de la base</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
4	<p>Al día siguiente colocar el molde del tanque sobre la base de una forma muy cuidadosa incluyendo mortero en la junta de manera que calcen las dos partes para que después no existan fisuras y posteriores filtraciones.</p>	<p><b>Figura 31 Base y armado</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>



5	<p>Enlucir la cara externa de la cisterna con mortero relación 2:1 (arena: cemento) cubriendo completamente el acero de refuerzo y la malla hexagonal, realizar el respectivo acabado y pulido. Realizar curado cada 24 horas durante siete días.</p>	<p><b>Figura 32 Recubrimiento cara exterior</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
6	<p>Retirar cuidadosamente desde la base el molde de planchas de tol después de 2 días, pues esta se funde con la mezcla y se dificulta su retiro.</p>	<p><b>Figura 33 Retiro de Planchas de tol</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
7	<p>Colocar un lechada de cemento relación 2:1 (agua: cemento) por todo el tanque, con una brocha para cubrir imperfecciones y evitar posteriores filtraciones.</p>	<p><b>Figura 34 Tanque ferrocemento</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
8	<p>La malla que sobra en la parte superior se la extiende por completo y colocar un anillo de acero para posteriormente realizar el cuello recubriendo con mortero de relación 2:1 (arena: cemento).</p>	<p><b>Figura 35 Construcción cuello</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>



9	<p>Elaborar una tapa de mortero en forma convexa que servirá para cubrir el tanque.</p> <p>Realizar un revocado tanto en la parte interior como exterior del cuello, curar el tanque por al menos una semana antes de llenarlo de agua para comprobar que no existan grietas en la estructura, si así fuere el caso colocar otra capa de mortero y lechada</p>	<p><b>Figura 36 Tanque terminado</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
---	--	---

## OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

<b>Actividad</b>	<b>Acciones</b>
- Revisión exterior	Verificar si existen exudaciones o fugas
- Corrección de filtraciones	Impermeabilizar con aditivos internamente
- Filtraciones en accesorios	Verificar el comportamiento de los accesorios
- Limpieza	Evacuar cada 3 meses el agua contenida para retirar residuos no deseados



## LETRINA HOYO SECO

Son 2 caseta hecha con lámina metálica y con una loza de ferro cemento de plataforma y otra de techo. La puerta está hecha con marcos de madera o tubo industrial de 15mm x 15mm y forrado con calamina. De la extracción del aire, se encarga una chimenea pintada color negro.

### Herramientas:

- Pico
- Pala
- Barreta
- Nivel de mano
- Badilejo
- Alicata
- Sierra

### Materiales

- Arena fina
- Cemento
- Ladrillos
- Tubería de 3 pulgadas
- Lamina de zinc
- Loseta



#	DESCRIPCION	FIGURA
1	<p>Para la construcción de la letrina de hoyo seco y ducha, primeramente elegir un lugar seguro, amplio, y regularmente plano, para resantear el lugar y dejarlo listo para la implantación.</p>	<p><b>Figura 37 Resanteo lugar de implantación</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
2	<p>Fabricar 2 losetas de 5 cm. de espesor con mortero de relación 2:1(arena: cemento), la primera más grande de (1.2 x 0.9) m que es la que debe ir en la base, y la segunda de (1.1 x 0.7) m que se ubica en la parte superior</p>	<p><b>Figura 38 Losetas inferior y superior</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
3	<p>Reforzar las losetas con una parrilla de varillas de acero de 8 mm de diámetro, separadas cada 20 cm y con una forma circular en la parte superior.</p>	<p><b>Figura 39 Armado de loseta</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>



4	<p>Construir la estructura de los módulos con tres planchas de zinc unidas en los extremos por remaches, cada una con dimensiones de 2.40 x 1.20 m</p>	<p><b>Figura 40 Planchas de zinc</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
5	<p>Realizar el hoyo correspondiente para la letrina el cual tiene dimensiones de (1.00 x 1.00) m y 0.50 m de profundidad, y rodear el hueco con ladrillos y mezcla antes de colocar la loseta.</p>	<p><b>Figura 41 Hoyo para letrina seca</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
6	<p>Colocar la loseta inferior con una abertura en la mitad para poder tener contacto con el hoyo, tener cuidado de dejar un espacio en la parte posterior de la letrina para colocar la chimenea en la parte final de la construcción.</p>	<p><b>Figura 42</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
7	<p>Hacer hendiduras de (5 x 5) cm y 1 cm de profundidad en los extremos de las losetas y en la plancha de zinc colocar 2 listones de 5 cm, de manera que los listones calcen en las hendiduras.</p>	<p><b>Figura 43 Listones y marcas en la loseta</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>



8	<p>Levantar la estructura de forma perpendicular a la loseta y en la parte superior ubicar la otra loseta para que sea resistente.</p>	<p><b>Figura 44 Estructura</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
9	<p>Colocar mezcla conformada con mortero y aserrín en las uniones para evitar movimientos bruscos y lograr que esta actúe como un solo cuerpo para soportar cualquier carga en la parte superior ya sea: un tanque de ferrocemento o un calefón solar.</p>	<p><b>Figura 45 Unión Zinc y loseta</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
11	<p>Para construir el inodoro elaborar un molde de arena o tierra de 35 cm. de altura y la forma de una taza común de baño.</p>	<p><b>Figura 46</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>



12	<p>Al molde del inodoro revestir con mezcla de mortero de relación 3:1 cuidando que se logre una capa de 5 cm de recubrimiento.</p> <p>En la parte superior del inodoro dejar el agujero correspondiente y en caso que se ubique una tapa dejar las marcas para luego colocarla.</p>	<p><b>Figura 47 Inodoro</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
13	<p>A los dos días de construido el inodoro retirar la tierra de su interior, luego pasar una lechada de cemento con brocha y colocarlo en el interior del módulo construido.</p>	<p><b>Figura 48 Separado de tierra del inodoro</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
14	<p>Para colocar el inodoro usar una mezcla de mortero para unirlo con la loseta con el objetivo de formar un solo cuerpo y evitar malos olores.</p>	<p><b>Figura 49 Sellado inodoro loseta</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>



15	<p>Colocar la tubería de ventilación, que consta de un tubo PVC de 4 pulg. en la parte posterior del módulo y pintarla de color negro de tal manera que le dé el sol constantemente todo el día.</p>	<p><b>Figura 50 Tubería de ventilación</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
16	<p>Como resultado se obtiene una letrina de hoyo seco que su construcción resulta económica y fácil, se necesitan al menos 3 personas para realizar los trabajos.</p>	<p><b>Figura 51 Letrina terminada</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>



## OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Actividad	Acciones
Limpieza	Limpiar diariamente el interior de la caseta y el área adyacente al baño.
Uso del baño	Limpiar el artefacto sanitario en forma continua, con cepillo seco y trapo húmedo. Verter ceniza o cal una vez cada dos meses.
Uso del inodoro ecológico	Echar una taza de ceniza, tierra cernida, cal u hojas secas en cada uso, en una proporción equivalente al volumen de heces.
Mantenimiento de la infraestructura	Observar y corregir desprendimiento de revoques y/o rajaduras en paredes, tabiques, losa, puerta, techo etc.
Control del nivel de excretas en el hoyo	Controlar el nivel de las excretas del hoyo, hacerlo al menos una o dos veces al año.
Traslado de caseta	Cambiar de lugar el baño cuando la altura del material deshidratado esté por debajo de 0,5 m. Cubrir el hoyo con una capa de tierra de 50 cm, ¡sembrar un árbol!



## LETRINA CON ARRASTRE HIDRÁULICO

Son 2 caseta hecha con lámina metálica y con una loza de ferro cemento de plataforma y otra de techo. La puerta está hecha con marcos de madera o tubo industrial de 15mm x 15mm y forrado con calamina. De la extracción del aire, se encarga una chimenea pintada color negro.

Herramientas:

- Pico
- Pala
- Barreta
- Nivel de mano
- Badilejo
- Alicata
- Sierra

Materiales

- Arena fina
- Cemento
- Ladrillos
- Tubería de 3 pulgadas
- Lamina de zinc
- Loseta



#	DESCRIPCION	FIGURA
1	Para la construcción de la letrina de hoyo seco y ducha, primeramente elegir un lugar seguro, amplio, y regularmente plano, para resantear el lugar y dejarlo listo para la implantación.	<p><b>Figura 52 Resanteo y nivelación</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
2	Fabricar 2 losetas de 5 cm. de espesor con mortero de relación 2:1 (arena: cemento), la primera más grande de (1.2 x 0.9) m que es la que debe ir en la base, y la segunda de (1.1 x 0.7) m que se ubica en la parte superior	<p><b>Figura 53 Construcción losetas</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
3	Reforzar las losetas con una parrilla de varillas de acero de 8 mm de diámetro, separadas cada 20 cm y con una forma circular en la parte superior.	<p><b>Figura 54 Armado Loseta</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>



4	<p>Construir la estructura de los módulos con tres planchas de zinc unidas en los extremos por remaches, cada una con dimensiones de 2.40 x 1.20 m</p>	<p><b>Figura 55 Planchas de zinc</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
5	<p>Hacer hendiduras de (5 x 5) cm y 1 cm de profundidad en los extremos de las losetas y en la plancha de zinc colocar 2 listones de 5 cm, de manera que los listones calcen en las hendiduras..</p>	<p><b>Figura 56 Ubicación de Loseta</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
6	<p>Levantar la estructura de forma perpendicular a la loseta y en la parte superior ubicar la otra loseta para que sea resistente.</p>	<p><b>Figura 57 Estructura</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>



7	<p>Colocar mezcla conformada con mortero y aserrín en las uniones para evitar movimientos bruscos y lograr que esta actúe como un solo cuerpo para soportar cualquier carga en la parte superior ya sea: un tanque de ferrocemento o un calefón solar.</p>	<p><b>Figura 58 Mortero en la unión Loseta zinc</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
8	<p>Antes o durante la construcción de la caseta, para construir el inodoro elaborar un molde de arena o tierra de 35 cm. de altura y la forma de una taza común de baño.</p>	<p><b>Figura 59 Molde Inodoro</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
9	<p>Revestir el molde por dentro y por fuera con mortero de relación 3:1 cuidando que se logre una capa de 5 cm de recubrimiento, este tipo de inodoro requiere que tenga una pendiente y por dentro un sifón, para esto instalar una tubería de 3 pulg. y reforzar con 2 anillos de acero de 6 mm de diámetro y alambre galvanizado #18</p>	<p><b>Figura 60 Recubrimiento inodoro</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>



10	<p>A los dos días de construido el inodoro retirar la tierra de su interior, luego pasar una lechada de cemento con brocha y colocarlo en el interior del módulo construido.</p>	<p><b>Figura 61 Retirado molde de tierra y acabado</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
11	<p>Para finalizar colocar el inodoro en el módulo usando mezcla de mortero para unirlo con la loseta. Luego fuera del módulo hacer un orificio para conectar el sifón que va a servir como sello hidráulico.</p>	<p><b>Figura 62 Unión loseta inodoro</b></p>   <p>Fuente: el Autor</p>



## OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Actividad	Acciones
- Uso	Verter al papelerero el material de limpieza anal, papel, piedra, chala u otro. Lavarse las manos, con agua y jabón, después de usar el baño.
- Limpieza	Limpiar el área adyacente al baño, quitando plantas, hierbas, piedras y otros materiales extraños. Limpiar el canal de drenaje de aguas pluviales del contorno del baño. Limpiar el inodoro con agua y jabón o detergente, empleando una escobilla de plástico. En caso de taponamiento en la tubería de desagüe, utilice una varilla de alambre galvanizado de 1/4", introduciéndolo por la caja repartidora y lavar con bastante agua.
- Retiro de los lodos fecales almacenados	Una vez llenos los dos pozos de infiltración, se retiran los sólidos de la más antigua y se transporta para su enterramiento.
- Reparaciones	Reparar los daños en la estructura, rajaduras, sistema de drenaje pluvial, etc.



## DUCHA Y LAVAMANOS

En área rural muchas veces resulta difícil y costoso hacer llegar una losa para lavar. El elevado costo de transporte, el peligro de que se rompa y el precio de la pieza misma hace que se renuncie a esta útil herramienta doméstica. Son 2 casetas hechas con lámina metálica y con una losa de ferro cemento de plataforma y otra de techo. La puerta está hecha con marcos de madera o tubo industrial de 15mm x 15mm y forrado con calamina. De la extracción del aire, se encarga una chimenea pintada color negro.

Herramientas:

- Pico
- Pala
- Barreta
- Nivel de mano
- Badilejo
- Alicata
- Sierra

Materiales

- Arena fina
- Cemento
- Ladrillos
- Tubería de 3 pulgadas
- Lamina de zinc
- Loseta
- Arena fina
- Acero varilla de 10 mm de diámetro
- Cemento



1	<p>Construir los módulos y las losetas iguales a las explicadas en los pasos 2, 4 y 5 de la construcción de la letrina de hoyo seco. Construir la ducha a un lado de las letrinas para que funcionen como un solo sistema, además ubicar a un costado un lavamanos.</p>	<p><b>Figura 63 Módulos letrina y ducha</b></p> 
2	<p>Ubicar un tanque de ferrocemento en la parte superior para dotar de agua al sistema e instalar las conexiones necesarias para el lavamanos y la ducha.</p> <p>Si se desea instalar un calefón solar establecer las uniones necesarias de tubería PVC de ½ pulg. y hacer un mezclador de agua fría y caliente que regule la temperatura</p>	<p><b>Figura 64 tanque de ferrocemento y ducha</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
3	<p>Realizar el lavamanos sobre una superficie plana a partir de un molde de arena debido a la facilidad para moldear.</p> <p>Moldear en forma de cono simulando un lavamanos.</p>	<p><b>Figura 65 Molde Lavamanos</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>



4	<p>Para que el lavamanos sea resistente debido a su longitud, reforzar con una varilla de acero de 8 mm de diámetro que rodee todo el perímetro, luego colocar un círculo de acero en la base del cono.</p>	<p><b>Figura 66 Acero de refuerzo en lavamanos</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
5	<p>Recubrir con mezcla de mortero con relación 3:1 con una capa de 5 cm aproximadamente y con una brocha colocar lechada para lograr un mejor acabado.</p>	<p><b>Figura 67 Recubrimiento</b></p>  <p>Fuente: el Autor</p>
6	<p>Luego de dos días vaciar y limpiar la arena del lavabo y pasar una lechada de agua y cemento para quitar las imperfecciones dejadas por la arena.</p>	<p><b>Figura 68 Lavamanos</b></p> 



<b>Actividad</b>	<b>Acciones</b>
- Limpieza	Limpiar el área adyacente a la ducha, quitando plantas, hierbas, piedras y otros materiales extraños. Limpiar el canal de drenaje de aguas pluviales del contorno del baño. Limpiar el lavamanos con agua y jabón o detergente, empleando una escobilla de plástico. En caso de taponamiento en la tubería de desagüe, utilice una varilla de alambre galvanizado de 1/4", y lavar con bastante agua.
- Reparaciones	Reparar los daños en la estructura, rajaduras, sistema de drenaje pluvial, etc.



## 7.2. Detalle fotográfico del proyecto

Figura 69. Instalación y Conexiones



Fuente: El Autor

Figura 70. Resanteo Letrina



Fuente: El Autor



Figura 71. Trabajos en la letrina de arrastre hidráulico



Fuente: El Autor

Figura 72. Trabajos en Tanque de Ferrocemento



Fuente: El Autor



Figura 73. Equipo de trabajo



Fuente: El Autor

Figura 74. Modulo Terminado

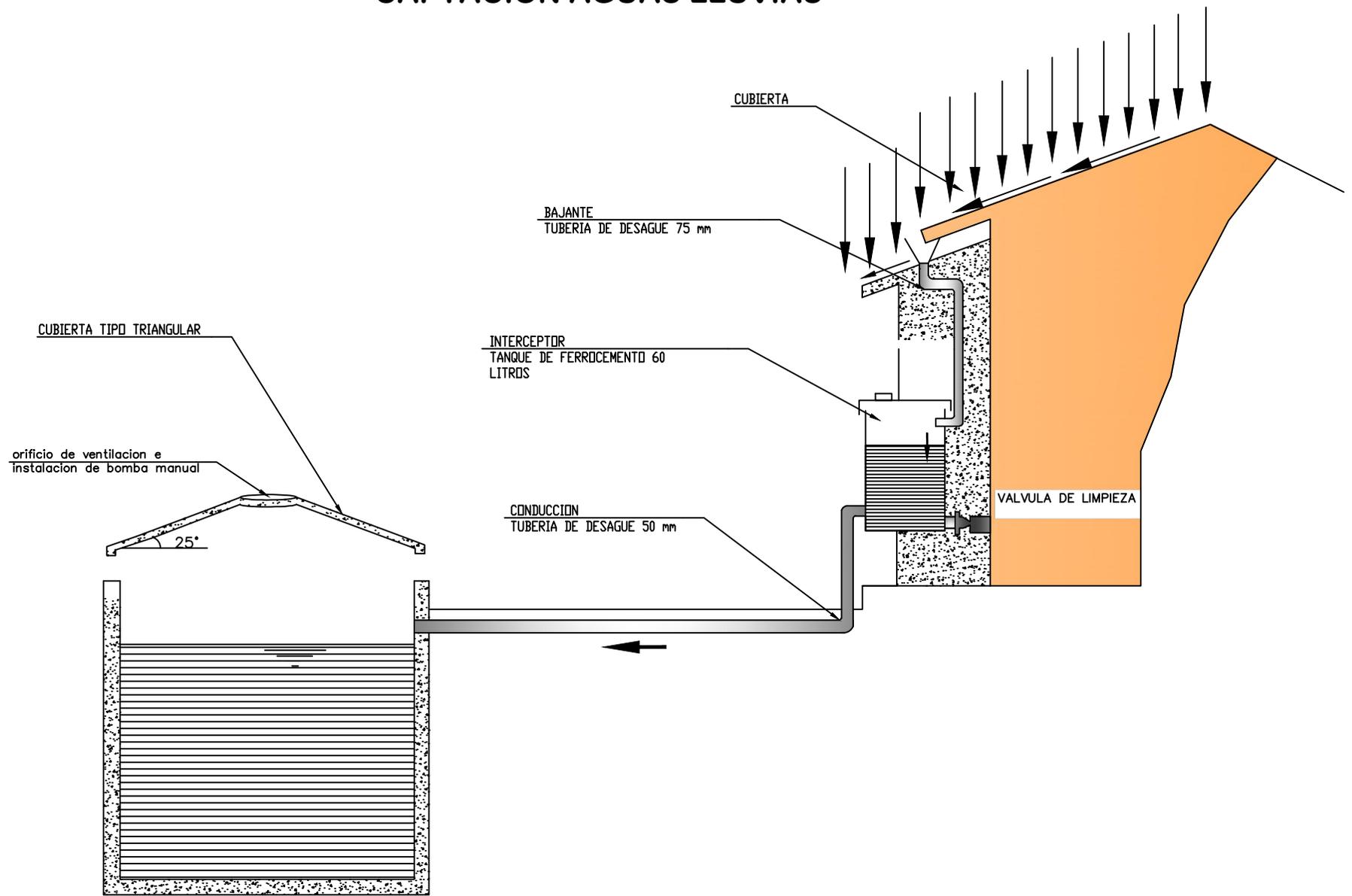


Fuente: El Autor



### **7.3. Planos De Construcción Del Sistema Propuesto**

# CAPTACION AGUAS LLUVIAS



Tanque de ferrocemento

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA



CONTIENE:  
CAPTACION DE  
AGUAS LLUVIAS

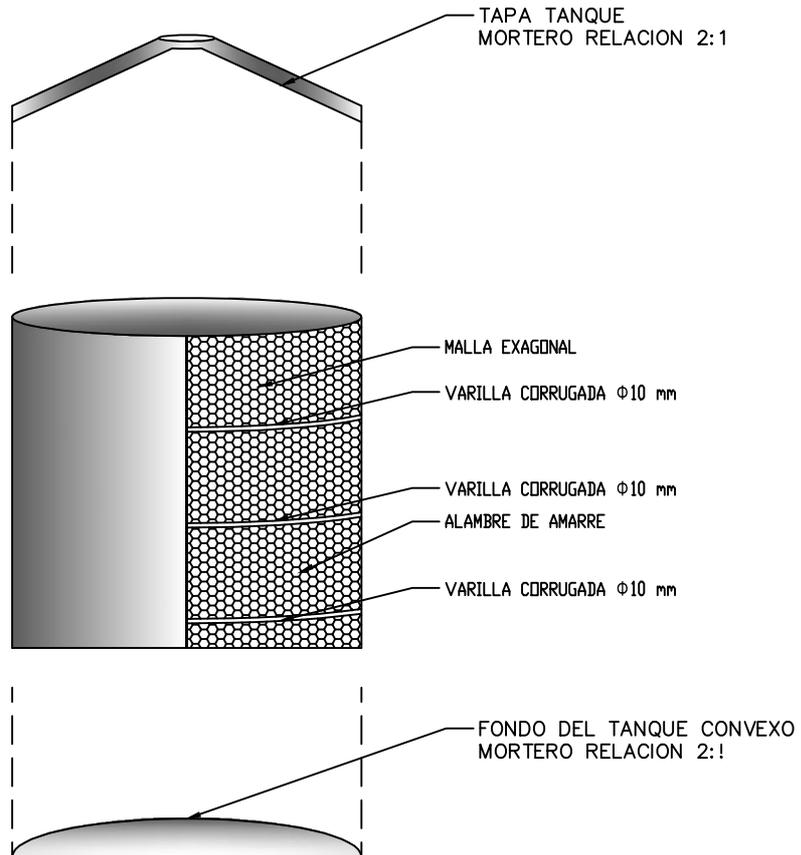
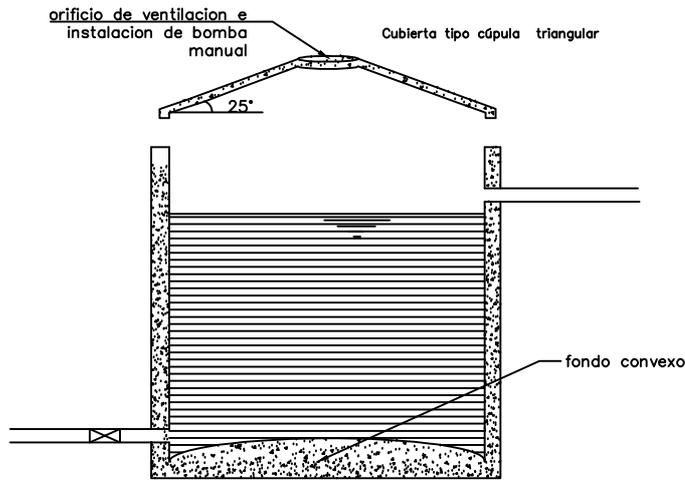
ESCALAS: Esquemático

FECHA: MAYO 2013

TECNOLOGIAS APROPIADAS EN  
DOTACION DE AGUA Y  
SANEAMIENTO PARA  
COMUNIDADES RURALES

ELABORADO POR:  
MAX TORRES CASTRO

# TANQUE DE FERROCEMENTO



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA



CONTIENE:  
**TANQUE DE FERROCEMENTO**

ESCALAS: Esquemático

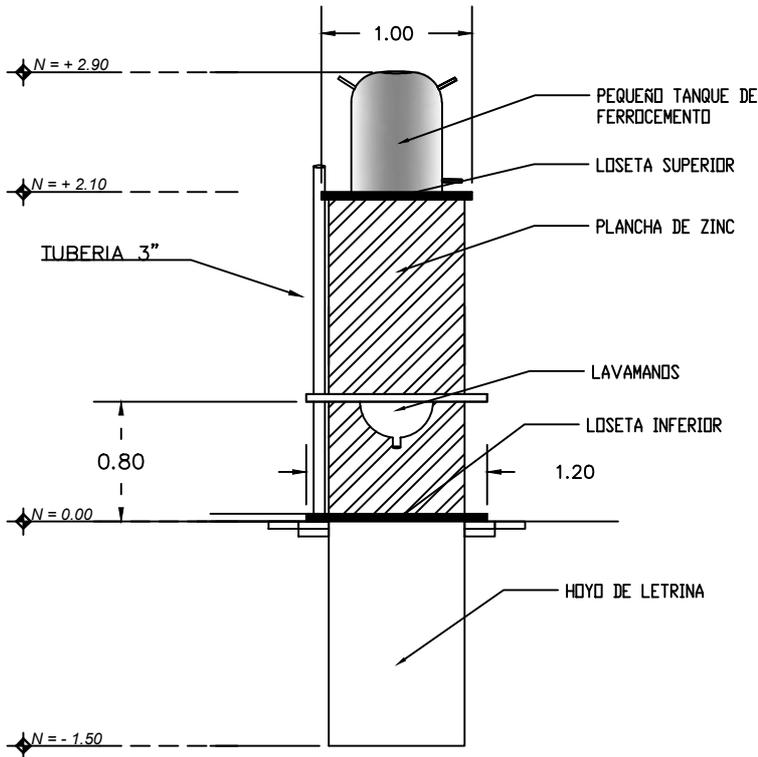
FECHA: MAYO 2013

TECNOLOGIAS APROPIADAS EN  
DOTACION DE AGUA Y  
SANEAMIENTO PARA  
COMUNIDADES RURALES

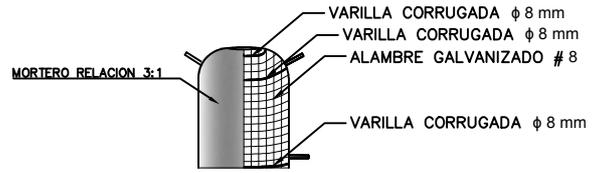
ELABORADO POR:  
**MAX TORRES CASTRO**

# MODULO LETRINA SECA - DUCHA

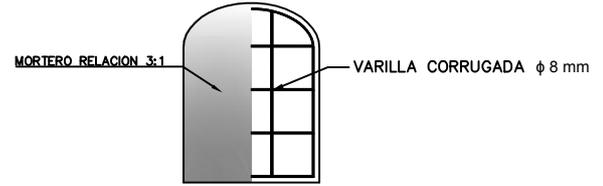
VISTA PERFIL



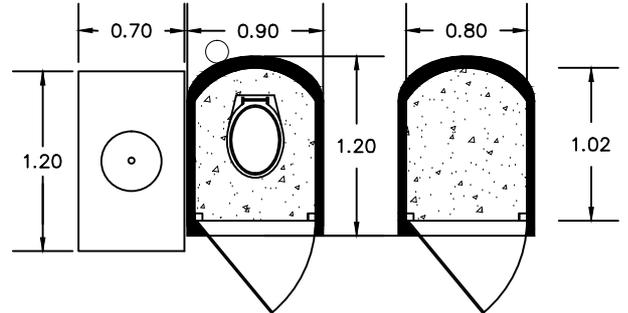
PEQUEÑO TANQUE DE FERROCEMENTO



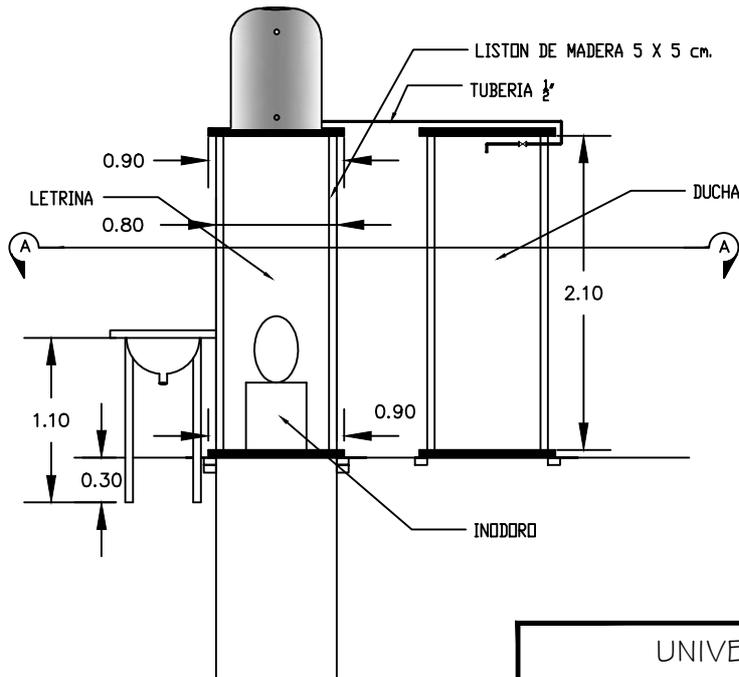
LOSETA



CORTE A-A



VISTA FRONTAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA



CONTIENE:

LETRINA DE HOYO SECO

ESCALAS: 1 : 100

FECHA: MAYO 2013

PROYECTO:

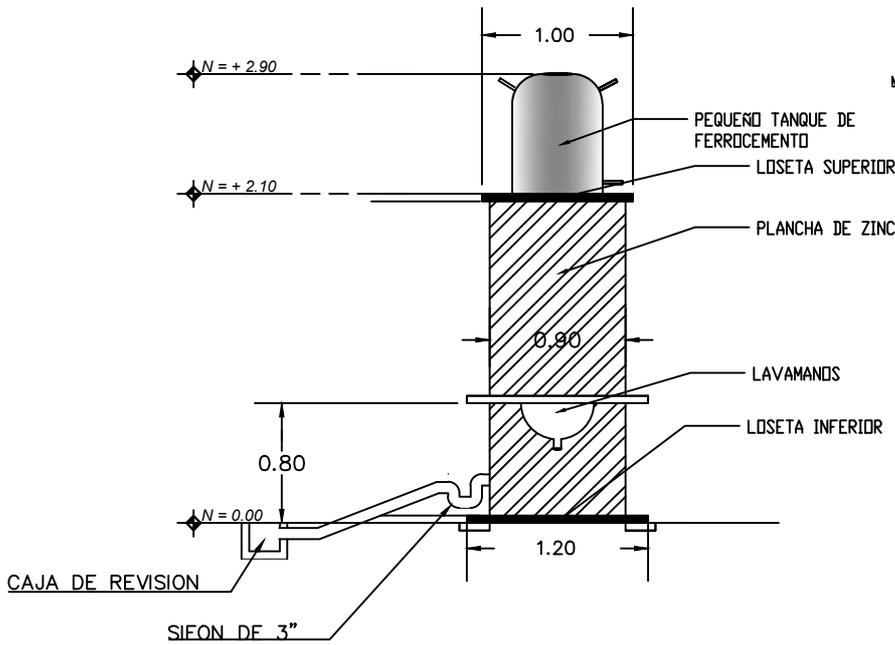
TECNOLOGIAS APROPIADAS EN DOTACION DE AGUA Y SANEAMIENTO PARA COMUNIDADES RURALES

ELABORADO POR:

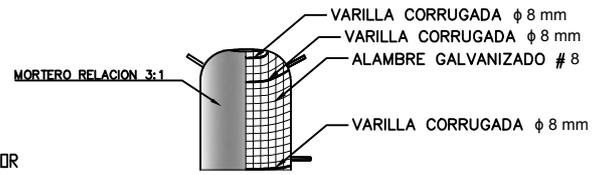
MAX TORRES CASTRO

# MODULO LETRINA CON ARRASTRE HIDRAULICO - DUCHA

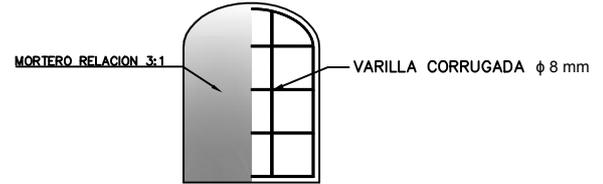
VISTA PERFIL



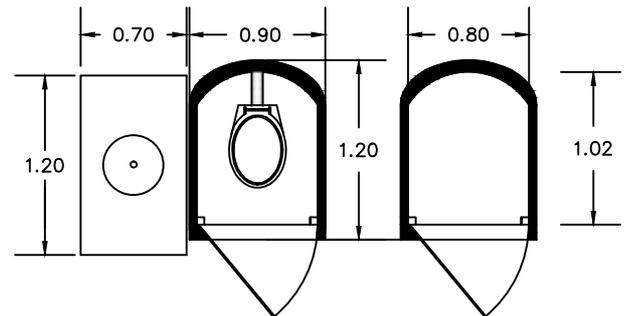
PEQUEÑO TANQUE DE FERROCEMENTO



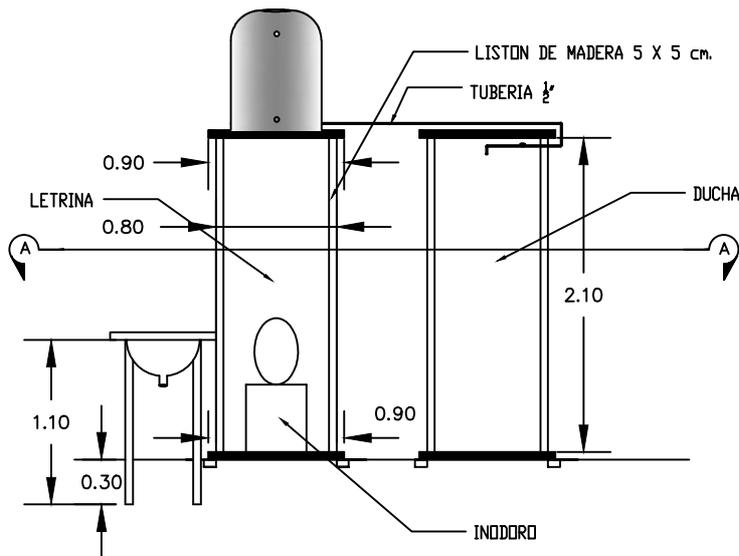
LOSETA



CORTE A-A



VISTA FRONTAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA



CONTIENE:  
LETRINA CON  
LETRINA CON ARRASTRE HIDRAULICO  
HIDRAULICO  
ESCALAS: 1 : 100  
FECHA: MAYO 2013

TECNOLOGIAS APROPIADAS EN  
DOTACION DE AGUA Y  
SANEAMIENTO PARA  
COMUNIDADES RURALES  
ELABORADO POR:  
MAX TORRES CASTRO