



**MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN,
ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE
LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN ARÓCUTIN,
SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO,
ERONGARÍCUARO**

INFORME FINAL

HC0832.4

SUBCOORDINACIÓN DE TECNOLOGÍA APROPIADA E INDUSTRIAL

COORDINACIÓN DE HIDRÁULICA



F U N D A C I Ó N
GONZALO RÍO ARRONTE, I.A.P.

México, 2012

F.CO.2.03.00



MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO

INFORME FINAL

HC0832.4

SUBCOORDINACIÓN DE TECNOLOGÍA APROPIADA E INDUSTRIAL

COORDINACIÓN DE HIDRÁULICA



F U N D A C I Ó N
GONZALO RÍO ARRONTE, I.A.P.

Luis Gómez Lugo

México, 2012

F.CO.2.03.00



Incluido en la tercera etapa del programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro a solicitud de la Fundación Gonzalo Río Arronte, el IMTA realizó el proyecto

”MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO”

a fin de implementar Modelos comunitarios de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano en tres comunidades del municipio de Erongaricuario.

Convenio de colaboración con objeto de realizar la tercera etapa 2008-2011 del PROGRAMA PARA LA RECUPERACIÓN AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL LAGO DE PÁTZCUARO y el Anexo Técnico “MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO”

Vigencia del proyecto: 2008 - 2011.

Clave de control asignada al proyecto: HC0832.4



F U N D A C I Ó N
GONZALO RÍO ARRONTE, I.A.P.

México, 2012

F.CO.2.03.00

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO	1
ANTECEDENTES.....	2
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS.....	4
1. AMBITO Y MARCO GENERAL DEL PROYECTO.....	5
1.1. CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN DE ESTUDIO	5
1.1.1. Localización.....	5
1.1.2. Medio físico	6
1.1.3. Comunidades del proyecto.....	6
2. ESTADO DEL ARTE, BALANCES Y DISEÑO DE MODELOS COMUNITARIOS.....	8
2.1. GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	8
2.1.1. Componentes de los sistemas	8
2.1.2. Tipos de captación	9
2.2. GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA	11
2.2.1. Necesidades de tratamiento.....	11
2.2.2. Métodos de tratamiento.....	12
2.3. SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA	14
2.3.1. Sistemas de captación de agua de lluvia.....	14
2.3.2. Sistemas de tratamiento de agua de lluvia	18
2.4. BALANCES.	20
2.4.1. Potencial de aprovechamiento del agua de lluvia.....	20
2.4.2. Oferta y demanda de agua para consumo humano en las tres comunidades	21
2.4.3. Balance de la oferta y demanda de agua para consumo humano en las tres comunidades	22
2.5. DISEÑO DE MODELOS COMUNITARIOS	29
2.5.1. Elementos y consideraciones para el diseño.....	29
2.5.2. Variables de diseño de los modelos SCAALL en cada comunidad	30
3. MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO.....	33
3.1. ALTERNATIVAS DE MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO.....	33
3.1.1. Almacenamientos con geomembranas.....	33
3.1.2. Almacenamientos con cisternas capuchinas	35
3.2. SELECCIÓN DE MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO.	37
3.2.1. Almacenamientos en las comunidades.....	38
3.2.2. Sistemas de tratamiento en las comunidades	39

INDICE GENERAL

4.	ESTUDIOS Y GESTIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS MODELOS	41
4.1.	COMUNIDAD DE NAPIZARO	42
4.2.	COMUNIDAD DE AROCUTIN.....	43
4.3.	COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO ÚRICO.....	45
5.	IMPLEMENTACIÓN, ASESORÍA Y SEGUIMIENTO DEL MODELO COMUNITARIO DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA.	47
5.1.	COMUNIDAD DE NAPIZARO	47
5.1.1.	Implementación (Napizaro)	47
5.1.2.	Asesoría y seguimiento (Napizaro)	52
5.2.	COMUNIDAD DE AROCUTIN.....	54
5.2.1.	Implementación (Arocutin)	54
5.2.2.	Asesoría y seguimiento (Arocutin)	58
5.3.	COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO ÚRICO.....	60
5.3.1.	Implementación (San Francisco Úricho)	60
5.3.2.	Asesoría y seguimiento (San Francisco Úricho)	68
6.	INFORMES PARCIALES Y FINAL.....	74
6.1.	INFORMES CUATRIMESTRALES A LA FUNDACIÓN GONZALO RIO ARRONTE.....	74
7.	ANEXO FOTOGRÁFICO	76
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización de las comunidades	7
Tabla 2. Tipos de captación de agua	10
Tabla 3. Límites permisibles de algunas características físicas y químicas del agua	11
Tabla 4. Métodos de tratamiento de agua.....	12
Tabla 5. Características de los sistemas de filtración	13
Tabla 6. Características de los sistemas de desinfección	13
Tabla 7. Superficies de captación de agua de lluvia	15
Tabla 8. Elementos de conducción y filtración	16
Tabla 9. Infraestructura de almacenamiento (vivienda y comunitario)	18
Tabla 10. Métodos de tratamiento para obtener agua potable	19
Tabla 11. Demanda (m ³) para las comunidades de Napizaro, Arócutin y San Francisco Uricho.	22
Tabla 12. Resumen del balance para las comunidades de Napizaro, Arócutin y San Francisco Uricho.	29
Tabla 13. Variables de diseño para las comunidades de Napizaro, Arócutin y San Francisco Uricho.	31
Tabla 14. Ejemplo de Volumen y dimensiones – obras cubiertas con geomembrana para las condiciones de las comunidades de Napizaro, Arócutin y San Francisco Uricho.	34
Tabla 15. Ejemplo de Volumen y dimensiones – Cisternas construidas con la técnica capuchino para las comunidades de Napizaro, Arócutin y San Francisco Uricho.	36
Tabla 16. Definición de modelos de captación, almacenamiento y tratamiento de agua lluvia para consumo humano para las comunidades de Napizaro, Arócutin y San Francisco Uricho.	37
Tabla 17. Elementos del equipo de tratamiento en la comunidad de San Francisco Uricho	40
Tabla 18. Responsables por parte del municipio de Erongaricuaró para las tres comunidades.....	41
Tabla 19. Jefes de tenencia durante la ejecución del proyecto (Napizaro)	52
Tabla 20. Vecinos de apoyo durante la ejecución del proyecto (Napizaro)	58
Tabla 21. Listado de informes cuatrimestrales a la Fundación Gonzalo Río Arronte.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del municipio de Erongaricuaró.....	5
Figura 2. Localización de las comunidades	7
Figura 3. Obras de captación	9
Figura 4. Potencial de aprovechamiento del agua de lluvia en la subcuenca Erongaricuaró	21
Figura 5. Datos de precipitación de la subcuenca Erongaricuaró.....	23
Figura 6. Balance – Aplicación del procedimiento en la comunidad de Napizaró.	26
Figura 7. Balance – Aplicación del procedimiento en la comunidad de Arócutin.	27
Figura 8. Balance – Aplicación del procedimiento en la comunidad de San Francisco Úricho.	28
Figura 9. Esquema representativo de obras cubiertas con geomembrana	34
Figura 10. Esquema representativo de cisternas construidas con la técnica capuchino	36
Figura 11. Esquema de los procesos desarrollados en el Equipo Vending.....	39
Figura 12. Plan de trabajo para la implementación de los modelos en cada comunidad.....	41
Figura 13. Localización de modelo comunitario en la comunidad de San Francisco Uricho.....	60
Figura 14. Ejemplo de informe cuatrimestral a la FGRA.....	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Modelos comunitarios con cubiertas geotextiles (geomembranas)	33
Ilustración 2. Sistemas de almacenamiento – cisternas de 100 y 1,000m ³ .	35
Ilustración 3. Ejemplo de cisterna con capacidad de 100,000 y 1,000,000 litros.	38
Ilustración 4. Sistema de tratamiento de agua en la comunidad de San Francisco Uricho	40
Ilustración 5. Reuniones y recorridos en la comunidad de Napizaro.	42
Ilustración 6. Áreas potenciales de captación de agua de lluvia (Napizaro).	43
Ilustración 7. Reuniones y recorridos en la comunidad de Arocutin.	44
Ilustración 8. Áreas potenciales de captación y almacenamiento de agua de lluvia (Arocutin)	44
Ilustración 9. Reuniones y recorridos en la comunidad de San Francisco Úricho.	45
Ilustración 10. Áreas potenciales de captación y almacenamiento de agua de lluvia (San Francisco Úricho)	46
Ilustración 11. Integración de la brigada de trabajo (Napizaro)	47
Ilustración 12. Cisterna cilíndrica tipo capuchina de 100,000 litros capacidad	48
Ilustración 13. Cisterna en los terrenos de la jefatura de tenencia - 200,000 litros de capacidad (Napizaro)	48
Ilustración 14. Cisternas en la cancha de básquetbol - 200,000 litros de capacidad (Napizaro)	48
Ilustración 15. Sistema de captación y conducción de agua de lluvia (Napizaro)	49
Ilustración 16. Sistema de tratamiento de agua de lluvia (Napizaro)	50
Ilustración 17. Infraestructura y sistema de tratamiento de agua de lluvia (Napizaro)	51
Ilustración 18. Seguimiento y asesoría (Napizaro)	53
Ilustración 19. Cisternas en los terrenos “Los baños” - (Arocutin)	54
Ilustración 20. Cisterna en la cancha de Basquetbol - (Arocutin)	55
Ilustración 21. Sistema de captación y conducción de agua de lluvia (Arocutin)	56
Ilustración 22. Sistema de tratamiento de agua de lluvia (Arocutin)	57
Ilustración 23. Infraestructura y sistema de tratamiento de agua de lluvia (Arocutin)	57
Ilustración 24. Caseta de resguardo del sistema de tratamiento de agua de lluvia (Arocutin)	58
Ilustración 25. Seguimiento y asesoría (Arocutin)	59
Ilustración 26. Implementación de la cisterna 1,000,000 litros en la comunidad de San Francisco Úricho	64
Ilustración 27. Geomembrana en cisterna de la comunidad de San Francisco Úricho	64
Ilustración 28. Sistema de captación y conducción de agua de lluvia (San Francisco Úricho)	65
Ilustración 29. Sistema de tratamiento de agua de lluvia (San Francisco Úricho)	67
Ilustración 30. Seguimiento en modelo comunitario de San Francisco Úricho (1)	69
Ilustración 31. Seguimiento en modelo comunitario de San Francisco Úricho (2)	70
Ilustración 32. Seguimiento en modelo comunitario de San Francisco Úricho (3)	71
Ilustración 33. Seguimiento en modelo comunitario de San Francisco Úricho (4)	72
Ilustración 34. Seguimiento en modelo comunitario de San Francisco Úricho (5)	73
Ilustración 35. Ejemplos de cisternas 100 y 1,000m ³ .	76
Ilustración 36. Operación de los sistemas en las comunidades (1)	77
Ilustración 37. Operación de los sistemas en las comunidades (2)	78

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto HC-0832.4 intitulado "MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO", fue contratado por la Fundación Gonzalo Río Arronte en el marco de la tercera etapa del programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, se desarrollo durante el periodo 2008 – 2011. Las actividades del proyecto fueron apoyadas por la Universidad Autónoma de Zacatecas bajo convenio de colaboración con el IMTA.

En un contexto general, se diseño, implemento y dio seguimiento a sistemas de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano. Los resultados alcanzados fue el incremento en la capacidad de almacenamiento de 1,800,000 litros para beneficio de una población mayor a 2,600 habitantes, mediante la implementación de 8 modelos de almacenamiento con capacidad de 100,000 litros c/u y uno con capacidad de 1,000,000 de litros.

Los impactos generados por el proyecto ayudaran a sensibilizar a la población sobre la importancia que tiene aprovechar el agua de lluvia, resaltando el amplio potencial de aplicación en el abastecimiento de agua para consumo humano.

Bajo un proceso de capacitación y asesoría adecuada, la población de estas comunidades logro implementar sistemas de almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia, con ello, la posibilidad de satisfacción de sus necesidades hídricas (consumo humano) durante todo el año.

ANTECEDENTES

Durante reuniones de cabildo del municipio de Erongaricuaró, se manifestaron las necesidades de algunas comunidades en materia de agua para consumo humano, entre ellas las comunidades de Napízaro, Arócutin, San Francisco Uricho. Para el municipio de Erongaricuaró es de interés especial implementar proyectos con esta alternativa de captación y aprovechamiento de agua de lluvia, reconocen la importancia de estas acciones en la Cuenca y en especial en las tres comunidades de Erongaricuaró.

Durante 2008 - 2011, Incluido en la tercera etapa del programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, se realizó el proyecto MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO.

Este proyecto tuvo como objetivo diseñar e implementar modelos comunitarios de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano para satisfacer las necesidades de la población en cantidad y calidad adecuada de tres comunidades del municipio de Erongaricuaró.

En la comunidad de Napizaro se implementaron cuatro sistemas de almacenamiento con capacidad de 100,000 litros cada uno, se puso en operación y dio seguimiento al sistema de tratamiento de agua de lluvia. La entrega del agua es en la jefatura de tenencia donde esta instalada y resguardada la planta purificadora mediante garrafones de 19 litros.

En la comunidad de Arocutin se implementaron cuatro sistemas de almacenamiento con capacidad de 100,000 litros c/u, se puso en operación y dio seguimiento al sistema de tratamiento de agua de lluvia. La distribución del agua es en garrafones de 19 litros que se entregan en los terrenos denominados "Los baños" donde esta instalada y resguardada la planta purificadora.

Al igual que en las comunidades anteriores, en la comunidad de San Francisco Uricho se tiene una cisterna de 1,000,000 litros de capacidad ubicada en los terrenos aledaños al auditorio, sitio donde se resguarda la planta purificadora de agua de lluvia y definido para la entrega y distribución mediante garrafones de 19 litros.

INTRODUCCIÓN

El estado de Michoacán en el año 2005 registró una población total de 3,966,073 habitantes, distribuidos en 113 municipios, un 25% de la población se ubica en el medio rural; mas 6,950 comunidades tienen una población menor de 500 habitantes (INEGI, 2005). Bajo esta situación, de alta pulverización y marginación de la población, en muchas comunidades rurales del Estado se viven grandes problemas en materia de abastecimiento de agua; las principales causas de esta problemática son la falta de infraestructura y tratamiento del agua, la falta de información y de oportunidades para establecer sistemas adecuados que satisfagan las necesidades hídricas de la población.

La Cuenca del Lago de Pátzcuaro ubicada en el estado de Michoacán, no es la excepción de este escenario, durante el desarrollo en su primera y segunda etapa del programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, firmado el 26 de febrero de 2003 en la comunidad de Napízaro, municipio de Erongarícuaro, Michoacán, México, se han realizado diversas acciones y proyectos definidos en un plan estratégico y orientados a la atención de la problemática ambiental, deterioro de la calidad del agua, deterioro de la salud y atención a la pobreza extrema, mejora de los organismo operadores, erosión y contaminación del suelo, entre otros.

Al inicio del año 2008, en el marco de la tercera etapa del programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, a fin de responder al abastecimiento de agua mediante la captación, almacenamiento, tratamiento y de agua de lluvia y con ello aumentar la disponibilidad de agua para consumo humano en tres comunidades de Erongarícuaro, se inicio es establecimiento de modelos comunitarios de captación y aprovechamiento de agua de lluvia para garantizar el autoabasto de agua en cantidad y calidad adecuada, en el mediano y largo plazo para satisfacer las necesidades de la población de las comunidades de Napízaro, Arócutin y San Francisco Uricho.

La captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia representa una alternativa viable para establecer esquemas de abastecimiento de agua para consumo humano, en el proceso, el agua que precipita se capta en áreas habilitadas de captación (concreto, geomembranas, geotextiles, etc), se recolecta y conduce por medio de canaletas y tubos a un almacenamiento, para posteriormente ser tratada por diversos procesos (filtración y desinfección).

OBJETIVOS

General:

Implementar Modelos comunitarios de captación y aprovechamiento del agua de lluvia en tres comunidades del municipio de Erongarícuaro como alternativas viables de abastecimiento de agua para consumo humano.

Particulares:

Analizar y definir alternativas de modelos comunitarios de captación y aprovechamiento del agua de lluvia.

Diseñar modelos comunitarios en función de la demanda de la población objetivo, oferta de la lluvia, costos y disponibilidad de materiales.

Fomentar, asesorar y dar seguimiento en la operación de los modelos comunitarios de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia en las comunidades de Napízaro, Arócutin y San Francisco Úricho (2008-2011)

1. AMBITO Y MARCO GENERAL DEL PROYECTO.

1.1. Caracterización de la región de estudio

1.1.1. Localización

El municipio de Erongarícuaro se localiza al norte del estado de Michoacán, en las coordenadas 19°36'00" de latitud norte y 101°43'00" de longitud oeste, a una altura de 2,100 metros sobre el nivel medio del mar. Se encuentra a 75 kilómetros de la ciudad de Morelia y a 15 kilómetros del municipio de Pátzcuaro.

Es uno de los cuatro municipios que rodean el famoso lago de Pátzcuaro, tiene una superficie de 215.99 km² (0.36 % de la superficie estatal). Territorialmente sus límites son: al norte con Zacapu y Coeneo, al este con Quiroga, Tzintzuntzan y Pátzcuaro, al sur con Pátzcuaro y al oeste con Nahuatzen y Tingambato.



Figura 1. Localización del municipio de Erongarícuaro

1.1.2. Medio físico

Su clima es templado con temperaturas que oscilan entre los 5 a 26 °C, con lluvias en verano y precipitación pluvial promedio anual de 1,040.8 mm. En muy raras ocasiones, en los periodos invernales llega a caer nieve en el cerro "El Chivo", al pie del cual se encuentra ubicado Erongarícuaro.

Orografía

Depresión del Lago de Pátzcuaro.

Cerros

El Bosque, El Chivo, El Pelón y las Tareas

Hidrografía

Parte del lago de Pátzcuaro y manantiales

Suelo

Pradera y Podzólico

Vegetación

Bosque Mixto de Pino, Encino, Aile y Liquidámbar.

Fauna

Cacomixtle, coyote, tlacuache, venado, lince, conejo, liebre, ardilla, bagre, charal, pez blanco, trucha, mojarra, pato.

1.1.3. Comunidades del proyecto

Las comunidades motivo del proyecto son: Napizaro, Arócutin y San Francisco Uricho.

NAPÍZARO

Significa "Lugar de Bellotas", es un pueblo donde se cultiva principalmente maíz multicolor y trigo. La fiesta más importante es el 12 de enero en honor a la Virgen de Guadalupe.

AROCUTIN

Significa "Ladera", es un pueblo desde el cual se admira el paisaje lacustre, sus artesanos elaboran bordados de punto de cruz, deshilados, figuras de madera y utensilios de barro.

SAN FRANCISCO URICHO

Uricho significa "Lugar de Artesanos", es un pueblo de la época prehispánica, su templo "San Francisco" fue construido en 1606. Las mujeres artesanas elaboran las tradicionales tortillas de maíz multicolor y trigo, además, de bordados en punto de cruz y deshilado.

Tabla 1. Caracterización de las comunidades

Parámetro	Napizaro	Arócutin	San Francisco Úricho
Latitud	19°35'51"	19°33'24"	19°34'19"
Longitud	101°41'35"	101°41'46"	101°42'58"
Altitud msnm	2060	2100	2040
Población total ⁽¹⁾	520	606	1832
Viviendas totales ⁽¹⁾	242	189	493
Grado de marginación ⁽²⁾	Medio	Medio	Alto

(1) Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI

(2) CONAPO, 2005



Figura 2. Localización de las comunidades

2. ESTADO DEL ARTE, BALANCES Y DISEÑO DE MODELOS COMUNITARIOS

2.1. Generalidades de los sistemas de abastecimiento de agua

2.1.1. Componentes de los sistemas

Los sistemas para abastecimiento de agua constan de diversos componentes: captación, conducción, regulación y distribución; cada uno con infraestructura necesaria para cumplir sus objetivos de manera satisfactoria. El objetivo de cada componente se resume a lo siguiente:

- Captación.- realizar la explotación del agua en las posibles fuentes
- Conducción.- transportar el recurso hasta el punto de entrega para su disposición posterior
- Regulación.- transformar el régimen de alimentación del agua proveniente de la fuente (generalmente constante), en régimen de demanda variable que requiere determinada población
- Distribución.- proporcionar en cada domicilio de los usuarios, con las presiones adecuadas y para los diferentes usos el agua

El dimensionamiento de la infraestructura de cada componente incluye como base, el conocimiento de la demanda de agua en sus diferentes usos (doméstico, comercial e industrial), así como los niveles del cuerpo o fuente de agua (río, arroyo, corriente subsuperficial, manantial, acuífero, etc.).

Los factores hidrológicos más importantes para diseño pueden incluir el conocimiento del promedio mensual de la altura de lluvia, su intensidad, la precipitación máxima y coeficientes de escurrimiento en función del tipo de superficies de captación.

2.1.2. Tipos de captación

Las obras de captación se diferencian en función del origen del agua captada, (atmosférica, superficial, subsuperficial y subterránea), la se esquematizan algunos tipos.

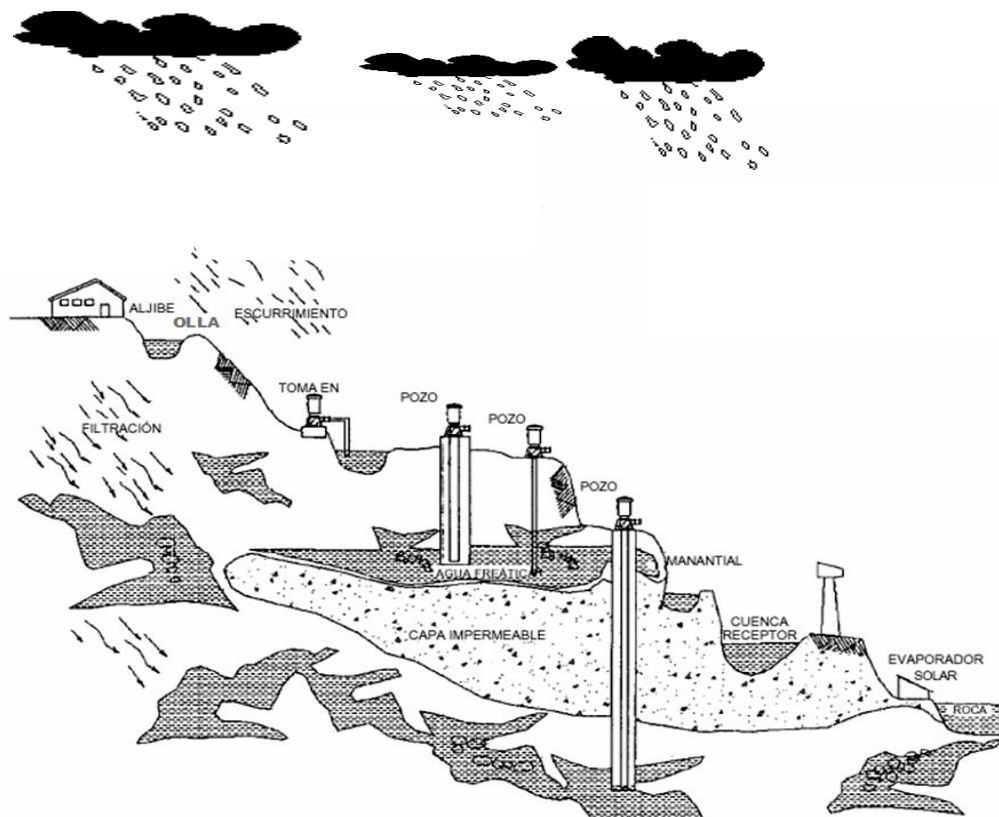


Figura 3. Obras de captación

LAS OBRAS DE CAPTACIÓN SE CONSTRUYEN PARA REUNIR ADECUADAMENTE AGUAS APROVECHABLES, VARIAN DE ACUERDO CON LA NATURALEZA DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO, SU LOCALIZACIÓN Y SU MAGNITUD.

Tabla 2. Tipos de captación de agua

Tipos de captación	Descripción
Aguas atmosféricas	<p>Agua proveniente de la atmósfera; incluye, en función del estado físico al precipitar: precipitación pluvial, nieve, granizo y escarcha. Es agua de gran importancia en los procesos naturales de alimentación y recarga de fuentes de agua; es decir, al precipitarse al suelo, alimentan corrientes superficiales o bien se infiltra de manera subsuperficial y/o profunda, recargando los cuerpos de agua subterránea.</p>
Aguas superficiales	<p>Las aguas superficiales son aquellas que escurren y/o se encuentran almacenadas sobre la superficie del terreno y presentan una superficie libre sujeta a la presión atmosférica. Las aguas superficiales que escurren sobre la superficie del terreno representan corrientes perennes o temporales, producto de los escurrimientos generados en la cuenca de captación aguas arriba. Las aguas superficiales que se encuentran almacenadas representan cuerpos de agua naturales (ciénagas, lagos, lagunas, grutas, cenotes) o bien artificiales construidos por el hombre (presas, embalses, jagüeyes y ollas de almacenamiento). Estos cuerpos representan una buena opción para abastecimiento de agua a las poblaciones rurales o urbanas</p>
Aguas Subsuperficiales	<p>Las aguas subsuperficiales son aquellas que se infiltran a escasa profundidad de las superficie del terreno, el nivel freático se encuentra a escasa profundidad. Una corriente puede alimentar un acuífero o éste puede alimentar a la corriente (dependiendo del gradiente hidráulico), en cualquiera de los casos, el nivel freático se encuentra a escasa profundidad de la superficie del terreno. Las aguas subsuperficiales son de buena calidad dado el proceso de infiltración del agua hacia el subsuelo, siendo posible, mediante una obra de toma sencilla, extraerla con las ventajas que ofrece su filtración natural y economía de la captación.</p>
Aguas Subterráneas	<p>Las aguas subterráneas representan cuerpos de agua subterránea o acuíferos cuya clasificación es función de sus condiciones de operación relativas a la presión a la cual están sometidas. Un acuífero es una estructura hidráulica natural que almacena y permite el flujo de agua subterránea a través de ella. Existen dos tipos de acuíferos: libre y confinado. El acuífero libre se caracteriza por tener el almacenamiento bajo presión atmosférica, no así el confinado, cuyo almacenamiento se encuentra a presión hidráulica; la cual depende de diversos factores: elevación de la zona de recarga, espesor del confinante, etc.</p>

2.2. Generalidades de los sistemas de tratamiento de agua

2.2.1. Necesidades de tratamiento

El abastecimiento de agua para consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y/o de la piel, para lo cual se requiere establecer límites.

El abastecimiento de agua para consumo humano según los tipos de captación de agua suele requerir de una serie de tratamientos que se definen según su calidad inicial. En México, la normatividad Nom-127 establecida por la Secretaría de Salud indica los parámetros permisibles del agua para consumo humano. Un análisis físico químico de una muestra de agua mediante la evaluación de algunos parámetros y características físicas, químicas, biológicas y radiológicas nos permite evaluar la calidad del agua y si es apta para consumo humano (si es agua potable).

La industria del agua embotellada normalmente emplea medidas adicionales para mayor protección de su producto empezando desde la fuente hasta el empaque. Estos requerimientos vienen escritos en el código de modelo IBWA Norma “International Bottled Water Association” (IBWA). En México, la normatividad para fines de agua embotellada es la norma NOM-041.

Tabla 3. Límites permisibles de algunas características físicas y químicas del agua

Parámetro	NOM-127	NOM-041	FDA	IBWA
Acidez o alcalinidad total	300 ppm	300 ppm		
Cloro residual	0.2-1.5 ppm	0.10 ppm		
Cloruros	250 ppm	250 ppm	250 ppm	250 ppm
Color	20 UCV	15 UCV	15 UCV	5 UCV
Dureza total	500 ppm	200 ppm		
Hierro (Fe)	0.3 ppm	0.30 ppm		
Turbiedad	5 UTN	5 UTN	5 UTN	5 UTN
Sólidos disueltos Totales	1000 ppm	500 ppm	500 ppm	500 ppm
SAMM	0.5 ppm	0.50 ppm		
Sulfatos	400 ppm	250 ppm	250 ppm	250 ppm
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	NA	9.5-8.5
Zinc	5 ppm	3.0 ppm	5 ppm	5 ppm

FUENTE: VALORES TOMADOS DEL MANUAL DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA PARA USO DOMÉSTICO Y CONSUMO HUMANO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (Anaya,2007)

2.2.2. Métodos de tratamiento

Con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas de abastecimiento para consumo humano es necesario someter a tratamientos de potabilización, los cuales pueden ser físicos, químicos, biológicos y/o combinaciones. Su uso y campo de aplicación queda definido según las limitaciones y ventajas que ofrecen cada uno de ellos.

En general, el tratamiento consiste de varias etapas como son: filtración gruesa a través de rejas o mallas, sedimentación, coagulación, floculación, filtración, ajuste de condiciones ácidas o básicas y desinfección.

Tabla 4. Métodos de tratamiento de agua

Método	Descripción
Filtración	<p>La filtración se define como la separación de partículas sólidas o semisólidas que están suspendidas en un fluido. Un filtro es un aparato que sirve para separar las partículas sólidas de un medio fluido por intercepción y retención de las partículas sobre una superficie o en el seno de una masa porosa a través de las cuales se hace circular el fluido.</p> <p>En el diseño óptimo de un filtro debe considerarse (Rogola, 1999): (a) tamaño del medio y la altura del lecho, (b) velocidad de filtración, (c) presión disponible y (d) modo de filtrar. Existen diversos sistemas de filtración, como son: filtros lentos de arena, filtros de tierras diatomáceas, filtros directos, filtros empacados, filtros de membrana y filtros de cartuchos.</p>
Desinfección	<p>La desinfección es un proceso unitario de tratamiento de agua que tiene como objetivo garantizar la calidad bacteriológica de la misma, asegurando la ausencia de microorganismos patógenos. La desinfección mata o inactiva organismos causantes de enfermedades, su efectividad se juzga por la capacidad de controlar a los organismos indicadores que son las bacterias coliformes totales y fecales.</p> <p>Hay diferentes métodos para eliminar los microbios del agua: Cloro, cloramina, calor; ozono y radiación ultravioleta.</p>

Tabla 5. Características de los sistemas de filtración

Filtración	Campo de aplicación	Ventajas y/o costeo	limitaciones
Lentos de arena	Sedimentos suspendidos, remoción media de bacterias y materia orgánica	Bajo costo, confiables, capacidad de remover algunos microorganismos hasta en 99,9%, operación y control del proceso muy sencillo	No remueven turbiedades elevadas y requieren de grandes superficies pues se operan bajo velocidades pequeñas
Tierras diatómicas o filtros de diatomitas	Remoción de turbiedad y bacterias	Bajos costos de inversión y mantenimiento	Utilizables en poca turbiedad y bajo conteo bacteriano, no retiene materia orgánica
Carbón activado	Remoción de materia orgánica y bacterias	Bajos costos de inversión y mediano de mantenimiento	Generación de residuos, cambio de filtro y no remueve nitrato
Microfiltración	Remoción de sólidos disueltos y algunas especies bacterianas	Operación sencilla y costo moderado de inversión y operación	Desperdicio de agua y descomposición de la membrana
Ultrafiltración	Remoción de virus, bacterias y materia orgánica	Manejo sencillo con posibilidades de automatizar. Costo elevado de inversión y operación.	Desperdicio de agua y descomposición de la membrana
Nanofiltración	Remoción de virus, bacterias y materia orgánica	Manejo sencillo con posibilidades de automatizar. Costo muy elevado de inversión y operación.	Desperdicio de agua y descomposición de la membrana
Ósmosis inversa	Remoción de virus, bacterias, parásitos y materia orgánica e inorgánica	Costo muy elevado de inversión y operación.	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana y manejo de salmuera.

Tabla 6. Características de los sistemas de desinfección

Desinfección	Ventajas y/o costeo	limitaciones
Cloro	Costo bajo de inversión y medio de mantenimiento	Generación de subproductos
Cloramina	Costo medio de inversión y medio de mantenimiento	Poder desinfectante limitado
Ozono	Costo elevado de operación	Escaso poder residual
Luz ultravioleta	Costo medio de inversión y de operación	No previene recrecimiento, no genera poder residual

2.3. Sistemas de captación y tratamiento del agua de lluvia

2.3.1. Sistemas de captación de agua de lluvia

La precipitación pluvial no es una fuente permanente durante el año, por lo que debe almacenarse en época de lluvias para disponer de ella durante la época de estiaje. Es importante en aquellos lugares en los que no se dispone de un sistema de abastecimiento de agua, pero si, con ocurrencia de precipitaciones de consideración durante la temporada de lluvias. También, cobra gran importancia en zonas áridas o semiáridas, en las cuales se hace preponderante captar las aguas mediante los techos de las casas o bien en estructuras llamadas “techo-cuenca para el almacenamiento posterior y aprovechamiento particular de los habitantes de una vivienda y/o de una comunidad. Durante la recolección y almacenamiento puede sufrir contaminación, por tal razón deben tomarse medidas para que esto no suceda. El almacenamiento puede hacerse en cisternas, aljibes u ollas de almacenamiento, cuyas dimensiones varían según la población objetivo (unifamiliar, multifamiliar y nivel comunitario).

Los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) para uso doméstico y consumo humano a nivel de familia y comunitario representan una solución para abastecer en cantidad y calidad a las numerosas poblaciones rurales, periurbanas y urbanas que sufren la carencia de este vital líquido. (Anaya, 2007). Los componentes para implementar un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia a nivel familiar y comunitario, se definen en el siguiente orden:

1. área de captación
2. sistema de conducción
3. infraestructura de almacenamiento
4. sistemas de filtración y tratamiento.

El área de captación es la superficie sobre la cual cae la lluvia. Estas superficies pueden ser habilitadas mediante los techos de viviendas, escuelas, bodegas, invernaderos, o bien laderas previamente revestidas o impermeabilizadas. Es importante asegurar que los materiales de las superficies de captación, no desprendan olores, colores y sustancias que puedan contaminar el agua pluvial o alterar la eficiencia durante la fase posterior de tratamiento.

El diseño de los sistemas de captación de agua de lluvia debe asegurar superficies de tamaño suficiente que permitan atender la demanda de la población objetivo y contar con una pendiente para facilitar el escurrimiento del agua hacia el sistema de conducción. El área corresponde a la proyección horizontal de la superficie de captación, generalmente expresada en m². Algunas superficies de captación de agua de lluvia se presentan en la siguiente tabla resumen.

Tabla 7. Superficies de captación de agua de lluvia

<p>a).- Techos. Los techos pueden estar contruidos de concreto, aleación de lámina galvanizada y antimonio, láminas de asbesto, lámina galvanizada, madera y paja; también se pueden utilizar las superficies impermeables (canchas, patios, estacionamientos).</p>	
<p>b).- Techos cuenca. Son estructuras diseñadas para la recolección directa del agua de lluvia compuesta básicamente de dos secciones convergentes: El techo está formado por dos superficies que convergen en un canal central lo cual permite que el agua de lluvia se conduzca directamente por gravedad al sistema de almacenamiento.</p>	
<p>c).- Laderas. Superficie o ladera habilitada con mínimas actividades de movimiento de tierras (relleno, nivelación y compactación), y recubrimiento con algún material impermeable como: plástico de invernadero, geomembrana, geotextiles y concreto.</p>	

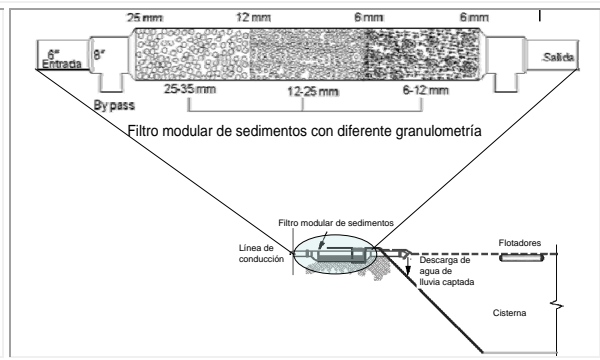
El sistema de conducción es el conjunto de canaletas o tuberías de diferentes materiales y formas que conducen el agua de lluvia desde la superficie de captación hasta la infraestructura de almacenamiento a través de bajadas con tubo de PVC. Entre el sistema de conducción e infraestructura de almacenamiento debe incluir elementos de filtración. La filtración es el proceso de separación de un sólido suspendido en un líquido, al hacerlo pasar, a través de un medio poroso (filtro). A nivel comunitario la filtración en los sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia se puede realizar mediante la construcción e instalación de un sedimentador o bien con la instalación de un filtro modular de sedimentos. El sedimentador en un sistema comunitario de captación de agua de lluvia es la estructura que permite sedimentar y/o acumular los sólidos e impurezas del agua recolectada, por su función se ubica antes de la estructura de almacenamiento.

Tabla 8. Elementos de conducción y filtración

<p>Canaleta con rejilla y válvula para el lavado de las primeras lluvias (CONAFOVI, 2007)</p>	
<p>A nivel vivienda se puede utilizar un tanque para almacenar las primeras lluvias con niveles de contaminación por basura, hojas y polvo.</p>	
<p>Sistemas para filtración comunitaria (Sedimentador)</p>	

Sistemas para filtración comunitaria (filtro modular de sedimentos).

Un filtro modular de sedimentos consiste en un cuerpo de PVC hidráulico, con un sistema filtrante de arenas y gravas sílicas; su ubicación es en la parte superior de la cisterna cementada a la red principal justo antes de la descarga del agua de lluvia captada.



La infraestructura de almacenamiento del agua de lluvia es aquella estructura en la que se acumula, almacena y protege el agua captada, depende de las necesidades y demanda de la población objetivo.

A nivel vivienda se pueden utilizar cisternas o tanques de diversos materiales:

1. Plásticos: Fibra de vidrio, polietileno y PVC
2. Metales: Barril de acero, tanque de acero galvanizado.
3. Concreto: Ferrocemento, piedra y bloque de concreto.
4. Madera: Madera roja, abeto, ciprés (es eficiente pero cara).

(Anaya, 2005).

A nivel comunitario se habilitan almacenamientos de diversas formas y tamaños, como pueden ser Jagüeyes, represas y ollas recubiertas con productos geosintéticos (geomembranas).

Este tipo de geomembranas evitan filtraciones, fugas y contaminación del agua almacenada, dado que son impermeables a fluidos y partículas. Ofrecen las siguientes ventajas: facilidad de instalación, elasticidad, resistencia a punzonamiento y fácil colocación por ser termofusionable.

Tabla 9. Infraestructura de almacenamiento (vivienda y comunitario)

<p>Almacenamiento a nivel vivienda</p>
<p>Almacenamiento a nivel comunidad</p>

2.3.2. Sistemas de tratamiento de agua de lluvia

Dado que la calidad del agua cruda varía de una fuente a otra; el tratamiento requerido para producir agua potable y/o purificada, también varía. Se utiliza con mayor frecuencia la desinfección con cloro, filtración (lecho profundo, carbón activado, suavizador y pulidor), ósmosis inversa, desinfección por luz ultravioleta y ozono (Solorio, 2002).

El agua de lluvia una vez captada, debe tratarse mediante algún sistema de potabilización o purificación para obtener una calidad de agua apta para el uso y consumo humano.

A fin de contar con elementos de elección para definir un sistema viable y eficiente para dotar agua de calidad mediante sistemas de captación y aprovechamiento de agua de lluvia, a continuación se describirán los métodos que corresponden al tren de tratamiento terciario avanzado para potabilización y purificación del agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano. Los métodos de tratamiento para obtener agua potable incluyen: la cloración, los procesos de filtración [filtro Speedy o filtro tamiz de 100 μ (micras), filtro de carbón activado (GAC), micro-filtro pulidores], la suavización para la remoción de minerales, la ósmosis inversa y la luz ultravioleta. La aplicación de estos métodos ofrece la garantía de obtener agua cuyos parámetros físicos, químicos y bacteriológicos están dentro de lo que establece la normatividad vigente.

Tabla 10. Métodos de tratamiento para obtener agua potable

<p>Cloración. El cloro elimina la mayor parte de las bacterias, hongos, virus, esporas y algas. Se puede utilizar con Hipoclorito de Calcio o de Sodio al 13%.</p>		<p>Filtración. Proceso para retener partículas mediante filtros a fin de eliminar la turbidez del agua.</p>	
<p>Filtro Spedy. Conocido como Speedy o filtro tamiz de 100 μ (micras) permite filtrar sólidos, sedimentos, tierra, lodo y arcilla.</p>		<p>Filtro de carbón activado CA. Permiten filtrar y adsorber materia orgánica y con ello eliminar mal olor, color o sabor. También adsorbe cloro residual.</p>	
<p>Filtros pulidores. Permiten retener impurezas pequeñas a partir de etapas filtrantes de 20 micras, 10 micras y hasta 5 micras. Estan fabricados en polipropileno grado alimenticio (FDA).</p>		<p>Suavización. Proceso para remover minerales disueltos en forma de iones (Ca, Mg y Fe) a través de un proceso de intercambio iónico desarrollado al interior de un tanque de resina catiónica.</p>	

<p>Ósmosis inversa. Proceso para separar elementos orgánicos e inorgánicos por el uso de presión en una membrana semipermeable mayor que la presión osmótica de la solución.</p>		<p>Radiación ultravioleta. Elimina microorganismos al contacto con ella. El ADN es destruido y no pueden proliferarse. Funciona como un germicida anulando bacterias, gérmenes, virus, algas y esporas.</p>	
<p>Ozono. Permite eliminar por oxidación virus, bacterias y hongos, además de oxidar metales. En el proceso se presenta la ruptura molecular de la membrana celular.</p>			

2.4. Balances.

2.4.1. Potencial de aprovechamiento del agua de lluvia

El potencial del agua de lluvia para la región de estudio indica el volumen de agua de lluvia que podría ser captado (m^3), para diferentes láminas precipitadas (mm) en una área de captación determinada (m^2). Utilizando los datos de precipitación para la subcuenca de Erongaricuaró (IMTA, 2005- PRACP), con una precipitación anual de 750.9 mm, por cada metro cuadrado de superficie se tiene un potencial de volumen de agua de lluvia captada de $0.75 m^3$.

A fin de ejemplificar el potencial de aprovechamiento de agua de lluvia se tabuló y se construyó un gráfico que muestra la cantidad de agua que puede ser captada y almacenada para diferentes áreas de captación según la lámina precipitada (mensual y anual).

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO

Area de captación m ²	Volumen de agua (m ³) para diferentes laminas de precipitación (mm) y areas de captación (m ²)												Anual
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
	27.10	8.80	30.19	3.65	26.15	89.30	135.40	166.48	170.16	78.83	10.79	4.09	750.94
1	0.03	0.01	0.03	0.00	0.03	0.09	0.14	0.17	0.17	0.08	0.01	0.00	0.75
5	0.14	0.04	0.15	0.02	0.13	0.45	0.68	0.83	0.85	0.39	0.05	0.02	3.75
10	0.27	0.09	0.30	0.04	0.26	0.89	1.35	1.66	1.70	0.79	0.11	0.04	7.51
50	1.36	0.44	1.51	0.18	1.31	4.47	6.77	8.32	8.51	3.94	0.54	0.20	37.55
100	2.71	0.88	3.02	0.36	2.62	8.93	13.54	16.65	17.02	7.88	1.08	0.41	75.09
1,000	27.10	8.80	30.19	3.65	26.15	89.30	135.40	166.48	170.16	78.83	10.79	4.09	750.94
5,000	135.51	44.02	150.93	18.25	130.76	446.51	676.99	832.38	850.79	394.15	53.96	20.45	3754.71
10,000	271.02	88.04	301.87	36.50	261.51	893.01	1353.99	1664.77	1701.59	788.30	107.93	40.90	7509.41

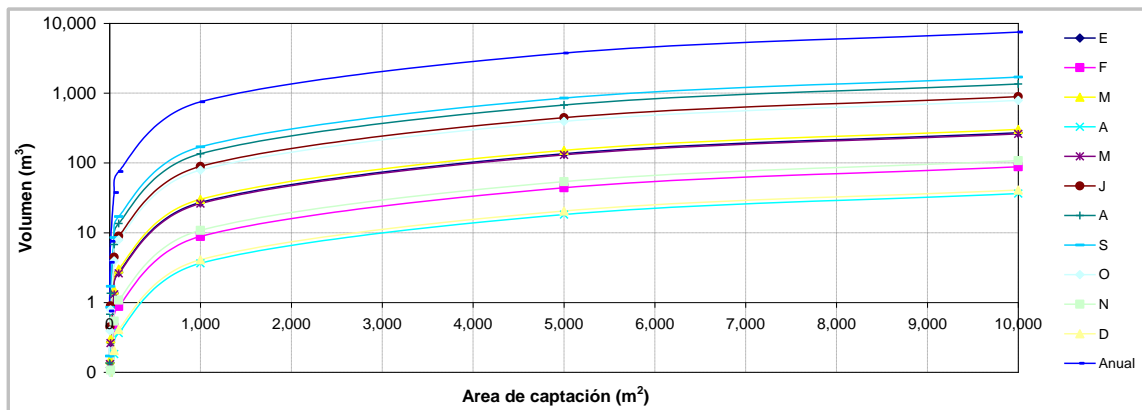


Figura 4. Potencial de aprovechamiento del agua de lluvia en la subcuenca Erongaricuaró

2.4.2. Oferta y demanda de agua para consumo humano en las tres comunidades

La variable oferta representa la cantidad de agua de lluvia aprovechable para una población y uso definido, depende en principio de la precipitación, del área de captación y coeficientes de ponderación. El estudio de potencial de aprovechamiento de agua de lluvia ofrece un panorama general sobre esta variable dado que existe una relación que indica que por cada milímetro de agua de lluvia precipitada sobre un metro cuadrado, se obtiene un litro de agua. Sin embargo, en la parte de diseño, se introducen coeficientes de ponderación (coeficiente de escorrentía y factor de ocurrencia asociado al evento lluvia) que modifican esta relación.

Por otra parte, la variable demanda se refiere a la cantidad de agua que una población objetivo requiere para satisfacer sus necesidades durante un periodo determinado, es función del número de beneficiarios, de la dotación (volumen/tiempo/habitante) y del periodo de tiempo definido. Esta variable aplicada a los sistemas de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano en las tres comunidades de Erongaricuaró incluidas en el proyecto considerando una dotación de 4 l/día/habitante, se presenta a continuación:

Tabla 11. Demanda (m³) para las comunidades de Napizaro, Arócutin y San Francisco Uricho.

Meses	Comunidades		
	Napizaro	Arócutin	San Francisco Uricho
Enero	61.1	67.2	204.1
Febrero	55.2	60.7	184.4
Marzo	61.1	67.2	204.1
Abril	59.2	65.0	197.5
Mayo	61.1	67.2	204.1
Junio	59.2	65.0	197.5
Julio	61.1	67.2	204.1
Agosto	61.1	67.2	204.1
Septiembre	59.2	65.0	197.5
Octubre	61.1	67.2	204.1
Noviembre	59.2	65.0	197.5
Diciembre	61.1	67.2	204.1
Total	719.8	791.3	2,403.2

Napizaro – 493 habitantes, Arócutin - 542 habitantes y San Francisco Uricho -1,646 habitantes. CONAPO, 2005

2.4.3. Balance de la oferta y demanda de agua para consumo humano en las tres comunidades

Un balance entre la oferta y la demanda permite determinar dos variables que son dependientes e intrínsecas de los sistemas SCAALL (área de captación y volumen de almacenamiento). La herramienta que permite realizar este balance corresponde a un procedimiento analítico mediante el cual se determina el área de captación y volumen de almacenamiento necesario para satisfacer las necesidades de una población objetivo según la oferta y la demanda definidas en el punto anterior. El procedimiento se conoce como “calculo del volumen de almacenamiento” cuyas variables de entrada y secuencia de cálculos se desarrollan a continuación:

- a).- Precipitación promedio (promedio de datos mensuales - intervalo mínimo de 10 años).

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO

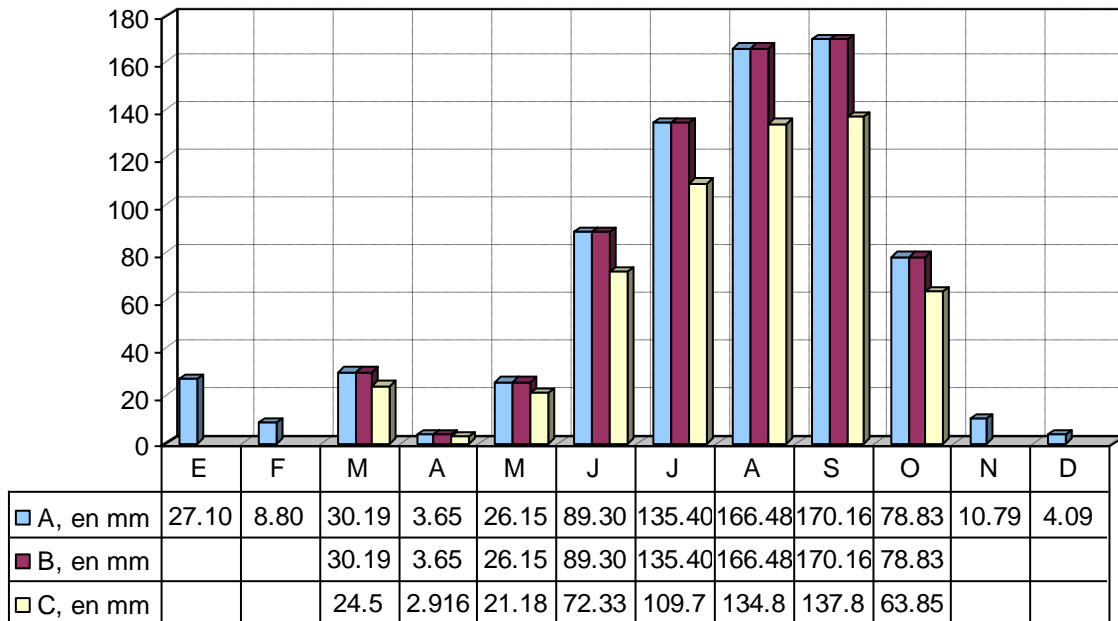


Figura 5. Datos de precipitación de la subcuenca Erongaricuario

- A: Precipitación anual promedio, en mm
- B: precipitación anual potencialmente aprovechable, en mm
- C: precipitación anual efectiva potencialmente aprovechable, en mm.

b).- Tipo de material de la superficie de captación (coeficiente de escorrentía)

c). Número de beneficiarios y,

d).- Dotación (cantidad de agua/día/habitante).

1.- Determinación de la oferta - abastecimiento mensual.

$$Pp_i = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i}{n}$$

(1)

La expresión (1), permite determinar la precipitación promedio mensual, en mm.

Donde n , número de años evaluados, adim, P_i , valor de precipitación mensual del mes "i", en mm y Pp_i , precipitación promedio mensual del mes "i", en mm o litros/m².

$$O_i = \frac{Pp_i C_e A_c}{1000} \quad (2)$$

Con la expresión (2), se obtiene la oferta O_i correspondiente al mes “i” (m^3). Donde C_e , coeficiente de escorrentía, adim y A_c , área de captación, en m^2 .

2.- Determinación de la demanda familiar

$$D_i = \frac{N_B N_d D_{otacion}}{1000} \quad (3)$$

Con la expresión (3) se obtiene la demanda D_i correspondiente al mes “i”, en m^3 .

Donde N_B , número de beneficiarios o usuarios del sistema, adim, N_d número de días del mes analizado, adim y $D_{otacion}$, Dotación, en lt/día/habitante.

3.- Determinación de los valores acumulados de la oferta y de la demanda con los valores mensuales.

$$Oa_i = Oa_{i-1} + O_i \quad (4)$$

$$Da_i = Da_{i-1} + D_i \quad (5)$$

Donde Oa_i , oferta acumulada al mes “i”, en m^3 , Oa_{i-1} , oferta acumulada del mes anterior, en m^3 , Da_i , demanda acumulada al mes “i”, en m^3 y Da_{i-1} , demanda acumulada del mes anterior, en m^3 .

4.- Determinación del balance con los valores acumulados

$$Va_i = Oa_i - Da_i \quad (6)$$

Donde Va_i , volumen de agua en el almacenamiento en el mes “i”, en m^3 .

A PARTIR DE ESTE PROCEDIMIENTO QUE SE HA PROGRAMADO EN UNA HOJA EXCEL, SE OBTIENEN LOS VALORES DEL ÁREA DE CAPTACIÓN “ A_c ” Y DEL VOLUMEN DEL ALMACENAMIENTO “ V_a ”, QUE DEBERÁN GARANTIZAR LA CAPACIDAD DEL SISTEMA PARA ABASTECER DE AGUA A LA POBLACIÓN OBJETIVO DURANTE TODO EL AÑO.

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN
 ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPIZARO, ERONGARÍCUARO

Comunidad Napizaro		Ingresar el número de integrantes de la familia										Ingresar el coeficiente de escurrimiento de la superficie de captación		Ingresar el coeficiente de escurrimiento de la superficie de captación		Ingresar valores de área de captación - proceso iterativo	
NB	493.0	C _e probabilidad										n _a		0.81		m ²	
C _e	0.9																
Probabilidad	0.9																
AC	1,269.3																
Vac																	
Mes	No Dias	pp prom (mm)	pp prom Neta (mm)	Dotación lt/individua	Demanda mensual (m ³)	Oferta - Lluvia (m ³)	Demanda acumulada (m ³)	Oferta acumulada (m ³)	Volumen cisterna (m ³)	Volumen en Deficit (m ³)							
Enero	31		0.0	4	61.1	0.0	61.1	0.0	-61.1	-61.13							
Febrero	28		0.0	4	55.2	0.0	55.2	0.0	-55.2	-55.22							
Marzo	31	30.2	24.5	4	61.1	31.0	61.1	31.0	-30.1	-30.10							
Abril	30	3.6	2.9	4	59.2	3.7	59.2	3.7	-55.5	-55.46							
Mayo	31	26.2	21.2	4	61.1	26.9	61.1	26.9	-34.2	-34.25							
Junio	30	89.3	72.3	4	59.2	91.8	59.2	91.8	32.7	0.00							
Julio	31	135.4	109.7	4	61.1	139.2	120.3	231.0	110.7	0.00							
Agosto	31	166.5	134.8	4	61.1	171.2	181.4	402.2	220.8	0.00							
Septiembre	30	170.2	137.8	4	59.2	174.9	240.6	577.1	336.5	0.00							
Octubre	31	78.8	63.9	4	61.1	81.0	301.7	658.2	356.5	0.00							
Noviembre	30		0.0	4	59.2	0.0	360.9	658.2	297.3	0.00							
Diciembre	31		0.0	4	61.1	0.0	422.0	658.2	236.2	0.00							
		700.1	567.1		719.8	719.8			236.2	236.1							
Capacidad de la Cisterna (Volumen de diseño)											356.5 m³						
Volumen de agua en la cisterna al final del año											236.2 m³						
Volumen de agua necesario (periodo de deficit)											236.1 m³						
Volumen minimo en la cisterna antes del periodo de lluvias											0.0 m³						
Demanda anual											719.8 m³						
Oferta anual											719.8 m³						
											409.9						

La prueba termina cuando este valor es igual o mayor a cero + POSITIVO +

Figura 6. Balance – Aplicación del procedimiento en la comunidad de Napizaro.

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO

Comunidad		Arocutin											
NB	542.0	Ingresar el número de integrantes de la familia											
C _e	0.9	Ingresar el coeficiente de escurrimiento de la superficie de captación											
Probabilidad	0.9	Ingresar el coeficiente de escurrimiento de la superficie de captación											
Ac	1,395.3	Ingresar valores de área de captación - proceso iterativo											
Vac													
Mes	No Dias	pp prom (mm)	pp prom Neta (mm)	Dotación l/Indiv/día	Demanda mensual (m ³)	Oferta - Lluvia (m ³)	Demanda acumulada (m ³)	Oferta acumulada (m ³)	Volumen cisterna (m ³)	en Volumen Deficit (m ³)			
Enero	31		0.0	4	67.2	0.0	67.2	0.0	-67.2	-67.21			
Febrero	28		0.0	4	60.7	0.0	60.7	0.0	-60.7	-60.70			
Marzo	31	30.2	24.5	4	67.2	34.1	67.2	34.1	-33.1	-33.09			
Abril	30	3.6	3.0	4	65.0	4.1	65.0	4.1	-60.9	-60.91			
Mayo	31	26.2	21.2	4	67.2	29.6	67.2	29.6	-37.7	-37.65			
Junio	30	89.3	72.3	4	65.0	100.9	65.0	100.9	35.9	0.00			
Julio	31	135.4	109.7	4	67.2	153.0	132.2	254.0	121.7	0.00			
Agosto	31	166.5	134.8	4	67.2	188.2	199.5	442.1	242.6	0.00			
Septiembre	30	170.2	137.8	4	65.0	192.3	264.5	634.4	369.9	0.00			
Octubre	31	78.8	63.9	4	67.2	89.1	331.7	723.5	391.8	0.00			
Noviembre	30		0.0	4	65.0	0.0	396.7	723.5	326.8	0.00			
Diciembre	31		0.0	4	67.2	0.0	464.0	723.5	259.6	0.00			
		700.2	567.1		791.3	791.3			259.6	259.6			
Capacidad de la Cisterna (Volumen de diseño)											450.6		
Volumen de agua en la cisterna al final del año											391.8 m³		
Volumen de agua necesario (periodo de deficit)											259.6 m³		
Volumen minimo en la cisterna antes del periodo de lluvias											259.6 m³		
Demanda anual											0.0 m³		
Oferta anual											791.3 m³		
											791.3 m³		

La prueba termina cuando este valor es igual o mayor a cero + POSITIVO +

Figura 7. Balance – Aplicación del procedimiento en la comunidad de Arócutin.

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN
 ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO

Comunidad		San Francisco Uricho									
No / familia	1,646.0	Ingresar el número de integrantes de la familia									
C _e	0.9	Ingresar el coeficiente de escurrimiento de la superficie de captación									
Probabilidad	0.9	Ingresar el coeficiente de escurrimiento de la superficie de captación									
Ac	4,237.4	Ingresar valores de area de captación - proceso iterativo									
Vac											
Mes	No Dias	pp prom (mm)	pp prom Neta (mm)	Dotación lt/individ/dia	Demanda mensual (m ³)	Oferta - Lluvia (m ³)	Demanda acumulada (m ³)	Oferta acumulada (m ³)	Volumen cisterna (m ³)	Volumen en Deficit (m ³)	
Enero	31		0.0	4	204.1	0.0	204.1	0.0	-204.1	-204.10	
Febrero	28		0.0	4	184.4	0.0	184.4	0.0	-184.4	-184.35	
Marzo	31	30.2	24.5	4	204.1	103.6	204.1	103.6	-100.5	-100.49	
Abril	30	3.6	3.0	4	197.5	12.5	197.5	12.5	-185.0	-184.99	
Mayo	31	26.2	21.2	4	204.1	89.8	204.1	89.8	-114.3	-114.35	
Junio	30	89.3	72.3	4	197.5	306.5	197.5	306.5	109.0	0.00	
Julio	31	135.4	109.7	4	204.1	464.7	401.6	771.2	369.6	0.00	
Agosto	31	166.5	134.8	4	204.1	571.4	605.7	1342.6	736.9	0.00	
Septiembre	30	170.2	137.8	4	197.5	584.0	803.2	1926.7	1123.4	0.00	
Octubre	31	78.8	63.9	4	204.1	270.6	1007.4	2197.2	1189.9	0.00	
Noviembre	30		0.0	4	197.5	0.0	1204.9	2197.2	992.4	0.00	
Diciembre	31		0.0	4	204.1	0.0	1409.0	2197.2	788.3	0.00	
		700.2	567.1	4	2,403.2	2,403.1			788.3	788.3	
Capacidad de la Cisterna (Volumen de diseño)											
Volumen de agua en la cisterna al final del año											
Volumen de agua necesario (periodo de deficit)											
Volumen minimo en la cisterna antes del periodo de lluvias											
Demanda anual											
Oferta anual											

1,189.9 m³

788.3 m³

788.3 m³

0.0 m³

2,403.2 m³

2,403.1 m³

1,368.4

La prueba termina cuando este valor es igual o mayor a cero + POSITIVO +

Figura 8. Balance – Aplicación del procedimiento en la comunidad de San Francisco Uricho.

A continuación se presenta el resumen de los balances para cada comunidad resultado de la aplicación del procedimiento.

Tabla 12. Resumen del balance para las comunidades de Napizaro, Arócutin y San Francisco Uricho.

Variable	Napizaro	Arócutin	San Francisco Uricho
Población, en habitantes	493	542	1646
Área de captación (*), en m ²	1,269.3	1,395.3	4,237.4
Volumen de almacenamiento, en m ³	409.9	450.6	1,368.4
■A, en mm	750.9	750.9	750.9
■B, en mm	700.2	700.2	700.2
■C, en mm	567.1	567.1	567.1
Oferta anual, en m ³	719.8	791.8	2403.2
Demanda anual en m ³	719.8	791.8	2403.2

(*) Valor de diseño del área de captación resultado de la aplicación del procedimiento.

■A: Precipitación anual promedio, en mm

■B: precipitación anual potencialmente aprovechable, en mm

■C: precipitación anual efectiva potencialmente aprovechable, en mm.

LAS VARIABLES OBTENIDAS CONSIDERAN UNA DOTACIÓN DE 4 LITROS DIARIOS POR HABITANTE, DOTACIÓN SUPERIOR A LA RECOMENDA DE 3 LITROS DIARIOS POR HABITANTE.

2.5. Diseño de modelos comunitarios

2.5.1. Elementos y consideraciones para el diseño

Los modelos comunitarios de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano representan una alternativa de gran relevancia para muchas comunidades de México, en particular las que no tienen acceso a este vital líquido.

Para el diseño de un modelo comunitario de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano, es importante identificar los criterios de diseño, los principales componentes, el tipo de materiales de construcción, la técnica de construcción, su funcionamiento, operación y mantenimiento.

En lo general, se deben considerar los siguientes elementos:

- I. Localización del sitio para implementar la infraestructura del modelo SCALL comunitario
- II. Determinación de la demanda de agua por la comunidad
- III. Análisis y cálculos asociados a la precipitación
- IV. Diseño del área de captación del agua de lluvia
- V. Diseño del sistema de conducción del agua captada
- VI. Diseño del volumen del sedimentador por trampa de sólidos
- VII. Diseño del sistema de almacenamiento del agua de lluvia captada
- VIII. Diseño del sistema de bombeo (agua almacenada – sitio de tratamiento)
- IX. Diseño del sistema del tratamiento y/o purificación del agua de lluvia

2.5.2. Variables de diseño de los modelos SCAALL en cada comunidad

Las variables para el diseño de un modelo comunitario de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano, representan la información que se utiliza para la implementación de la infraestructura necesaria para el cumplimiento de las funciones del modelo.

Esta información corresponde a:

1. El análisis de la lluvia
2. la demanda
3. la oferta y
4. las dimensiones y capacidades de cada componente
 - área de captación
 - volumen de almacenamiento
 - tramos y diámetros de conducción.

A continuación un resumen de las variables de diseño para los modelos comunitarios en cada comunidad:

Tabla 13. Variables de diseño para las comunidades de Napizaro, Arócutin y San Francisco Uricho.

Variable	Napizaro	Arócutin	San Francisco Uricho
N_B	493	542	1646
C_e	0.9	0.9	0.9
C_p	0.9	0.9	0.9
A_c	1,269.3	1,395.3	4,237.4
P_{max}	50	50	50
I	4.2	4.2	4.2
V_c	0.9	0.9	0.9
Q_c	1.5	1.6	4.9
D_c	0.046	0.048	0.083
$V_a(1)$	356.5	391.3	1,189.9
$V_a(2)$	409.9	450.6	1,368.4
V_s	63.5	69.8	211.9

NB: Número de beneficiarios (adim), C_e : coeficiente de escorrentía (adim), C_p : coeficiente o factor de ocurrencia asociado al evento lluvia (adim), A_c : área de captación de diseño (m^2). P_{max} : Precipitación máxima (mm), I : Intensidad de la lluvia (mm/hr), V_c : velocidad de conducción para una pendiente de 2-4% (m/s), Q_c : Gasto de conducción (lps), D_c : Diámetro de conducción (m), $V_a(1)$: Volumen de almacenamiento balance (m^3), $V_a(2)$: Volumen de almacenamiento de diseño (m^3), V_s : Volumen del sedimentador (m^3)

Con relación a las variables de la tabla anterior se tienen las siguientes consideraciones:

El número de beneficiarios (N_B), corresponde al total de la población de la comunidad (población objetivo)

El coeficiente de escorrentía (C_e), es un valor adimensional que considera pérdidas en las superficies de captación causadas por el rebote del agua al caer, absorción y evaporación del agua según el tipo de material del área de captación.

El área de captación de diseño (A_c), es la superficie efectiva de captación de tamaño tal que permite captar el agua necesaria para satisfacer la demanda de la población objetivo, con una pendiente que facilita el escurrimiento del agua hacia el sistema de conducción. El área corresponde a la proyección horizontal de la superficie de captación, expresada en metros cuadrados.

La Precipitación máxima (P_{max}), se ha considerado como el valor máximo de la lámina precipitada en un intervalo de 12 horas.

La Intensidad de la lluvia (I), se ha considerado como el valor máximo de la lámina precipitada en una hora, en el presente análisis esta asociada al valor de la precipitación máxima.

La velocidad de conducción (V_c), velocidad recomendada por la literatura para una pendiente de 2-4% (m/s).

El Gasto de conducción (Q_c), es el obtenido mediante la expresión

$$Q_c = \frac{5}{18}(A_c * I) \quad (7)$$

El resultado de esta expresión tienen unidades (lt/seg)

El Diámetro de conducción (D_c), se obtiene haciendo uso de las siguientes expresiones

$$Q_c = A_c V_c \quad (8)$$

y

$$D_c^2 = \frac{4Q_c}{\pi V_c} \quad (9)$$

donde el gasto de conducción y velocidad de conducción son respectivamente Q_c y V_c .

El volumen de almacenamiento [$V_a(1)$], representa el volumen resultado del balance entre la oferta y la demanda. Es un volumen que asegura el abastecimiento a la población objetivo. El volumen de almacenamiento [$V_a(2)$], representa el volumen de almacenamiento resultado del balance entre la oferta y la demanda multiplicado por un factor 1.15 en el que se incluye un volumen adicional de almacenamiento (15% mas).

El volumen del sedimentador (V_s), es el obtenido con la expresión

$$V_s = A_c P_{\max} \quad (10)$$

Esta expresión representa el volumen máximo que se captaría en un día con la máxima precipitación, es el resultado del área de captación por la máxima lámina precipitada en un intervalo de 12 horas. Este volumen y capacidad del sedimentador permite responder en un evento extremo de precipitación.

3. MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO

3.1. Alternativas de modelos comunitarios de captación y almacenamiento de agua de lluvia para consumo humano.

Los modelos comunitarios de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano pueden ser de formas, capacidades y materiales diversos.

3.1.1. Almacenamientos con geomembranas

A nivel comunitario históricamente en muchas comunidades se han habilitado diferentes tipos de almacenamientos, se tienen registros de jagüeyes, bordos, represas, presas y ollas recubiertas con productos geotextiles o geomembranas.



Ilustración 1. Modelos comunitarios con cubiertas geotextiles (geomembranas)

Las ollas cubiertas con materiales geotextiles o geomembranas representan una alternativa bastante viable, son almacenamientos en donde se evitan las pérdidas y contaminación del agua almacenada, dado que son impermeables a fluidos y partículas; además, como ventaja en la implementación de estos almacenamientos se ofrece la facilidad de instalación (procedimiento termofusionable), la elasticidad y resistencia a punzonamiento. La geometría y dimensiones de estos almacenamientos incluyendo la representación de variables tanto para una olla como para un sedimentador se muestra a continuación:

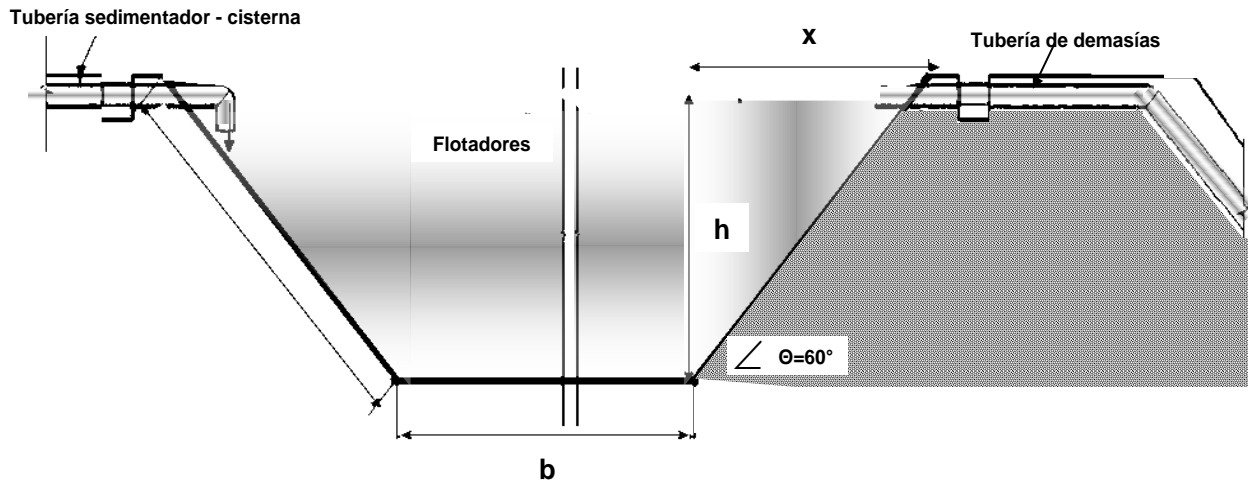


Figura 9. Esquema representativo de obras cubiertas con geomembrana

La figura anterior representa esquemáticamente la forma y variables de un almacenamiento del tipo de pirámide truncada invertida con recubrimiento de geomembrana, su diseño e implementación depende del espacio disponible y del tipo de material del suelo (definición de profundidad y ángulo de taludes). Las variables calculadas en este tipo de obras, incluido el almacenamiento de la olla y su respectivo sedimentador para cada comunidad se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 14. Ejemplo de Volumen y dimensiones – obras cubiertas con geomembrana para las condiciones de las comunidades de Napizaro, Arócutin y San Francisco Uricho.

Obra	Variable	Napizaro	Arócutin	San Francisco Uricho
Olla	V_{a_o}	410	450	1,370
	b_o	13.2	13.4	23.6
	h_o	2	2.1	2.2
	X_o	1.2	1.2	1.3
Sedimentador	V_{a_s}	63	70	211
	b_s	5.6	6.6	9.1
	h_s	1.5	1.3	2
	x_s	0.9	0.8	1.2

V_{a_o} : Volumen de almacenamiento de la olla (m^3); b_o : base de la olla (m), h_o : profundidad de la olla (m)

$$x_o : x_o = \frac{h_o}{\tan \theta}, \text{ en (m)}$$

V_{a_s} : Volumen de almacenamiento del sedimentador (m^3); b_s : base del sedimentador (m); h_s : profundidad del sedimentador (m)

$$x_s : x_s = \frac{h_s}{\tan \theta} \text{ (m)}$$

Para el análisis se ha considerado un ángulo de 60°, sin embargo, el ángulo depende de las características del terreno donde se decida implementar cada obra en caso de definirse almacenamientos de este tipo.

3.1.2. Almacenamientos con cisternas capuchinas

Otro tipo de almacenamientos son cisternas tipo capuchinas cuyas capacidades son de 50m³, 100m³, 500m³ y 1,000 m³.

Este tipo de almacenamientos pueden ser instalados en un tiempo corto, bajo la técnica capuchino, con un bajo costo de materiales y con relativa facilidad en el proceso constructivo. Es posible establecer dos o más cisternas de manera tal, que el conjunto de ellas represente el modelo comunitario de almacenamiento de agua.



Ilustración 2. Sistemas de almacenamiento – cisternas de 100 y 1,000m³.

Las cisternas construidas con la técnica capuchino permiten almacenar agua de lluvia en cantidad y calidad adecuada para su tratamiento posterior y abastecimiento de agua a una población objetivo en particular. Este almacenamiento consiste de una estructura cilíndrica con armazón de malla electrosoldada y construida con tabique (colocado de canto), mortero (para el pegado de tabique), cemento y agua (para el repellado de paredes). Son almacenamientos que constituyen una alternativa bastante viable, en donde se evitan las pérdidas y se protege el agua almacenada. La geometría y dimensiones de estos almacenamientos incluyendo la representación de variables para diferentes capacidades se muestran a continuación:

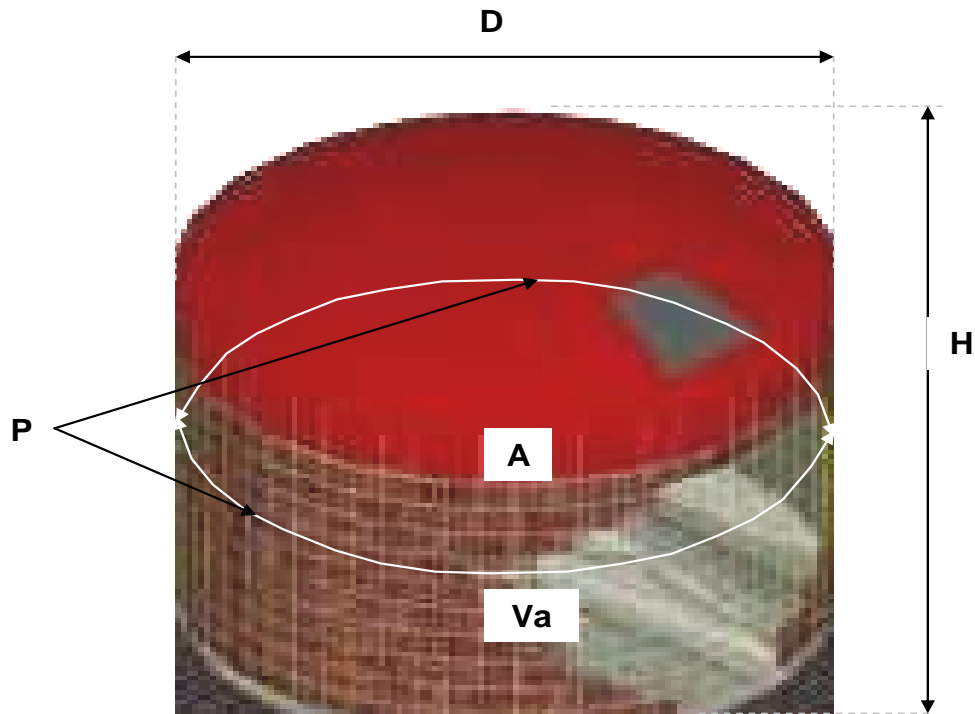


Figura 10. Esquema representativo de cisternas construidas con la técnica capuchino

D: diámetro de la cisterna (m), H: Altura de la cisterna (m), P: perímetro de la cisterna (m), Va: volumen de almacenamiento de la cisterna (m³) y A: área transversal de la cisterna (m²)

Tabla 15. Ejemplo de Volumen y dimensiones – Cisternas construidas con la técnica capuchino para las comunidades de Napizaro, Arócutin y San Francisco Uricho.

Capacidad	D	A	H	P	Va
20,000	3.60	10.2	2.00	11.3	20
30,000	4.20	13.9	2.20	13.2	30
40,000	4.70	17.3	2.30	14.8	40
50,000	5.15	20.8	2.40	16.2	50
100,000	7.37	42.7	2.40	23.2	102
500,000	16.28	208.2	2.40	51.1	500
1,000,000	17.30	235.1	4.40	54.3	1,034

Capacidad: capacidad de la cisterna en litros

D: diámetro de la cisterna (m), H: Altura de la cisterna (m), A: área transversal de la cisterna, P: perímetro de la cisterna (m), Va: volumen de almacenamiento de la cisterna (m³).

3.2. Selección de modelos comunitarios de captación, tratamiento y aprovechamiento de agua de lluvia para consumo humano.

La selección de los modelos comunitarios de captación, tratamiento y aprovechamiento de agua de lluvia para consumo humano, dependió de diversas condiciones en la comunidad y se realizó bajo las siguientes consideraciones.

- Necesidades y distribución de la población en la comunidad
- Espacios disponibles para la implementación de las obras de almacenamiento
- Áreas de captación disponibles potencialmente aprovechables en la comunidad
- Características de los suelos y pendiente de los terrenos

Resultado de reuniones y recorridos de campo con autoridades municipales de Erongaricuaró y vecinos de las comunidades de Napizaró, Arócutin y San Francisco Úricho, se definieron los sitios, tipo de almacenamientos y sistema de tratamiento que se implementarían en cada comunidad.

Tabla 16. Definición de modelos de captación, almacenamiento y tratamiento de agua lluvia para consumo humano para la comunidades de Napizaró, Arócutin y San Francisco Úricho.

Variable	Napizaró	Arócutin	San Francisco Úricho
Habitantes	493	542	1646
Va (m ³)	400	400	1,100
Va _d (m ³)	0	0	0
Ac (m ²)	1,200	1,200	4,000
Ac _d (m ²)	700	500	3,000
Sitios para almacenamientos	<ul style="list-style-type: none"> ○ Jefatura de tenencia ○ Cancha de Basquetbol 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Terrenos “Los Baños” ○ Cancha de Basquetbol 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Auditorio de la comunidad
Sitios para captación de agua de lluvia	<ul style="list-style-type: none"> ○ Cancha de Basquetbol ○ Cisternas de almacenamientos 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Cancha de Basquetbol ○ Cisternas y techos de casa aledañas a los terrenos de los baños 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Auditorio de la comunidad
Sitios para el sistema de tratamiento de agua de lluvia	<ul style="list-style-type: none"> ○ Jefatura de tenencia 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Terrenos “Los Baños” 	<ul style="list-style-type: none"> Auditorio de la comunidad

Va (m³) : volumen de almacenamiento de diseño

Va_d(m³) : volumen de almacenamiento disponible en comunidad

Ac (m²) : área de captación de diseño

Ac_d(m²): área de captación disponible en la comunidad.

LA CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA EN ESTAS COMUNIDADES REPRESENTARA UNA ALTERNATIVA VIABLE PARA ABASTECER DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. EN EL PROCESO, EL AGUA QUE PRECIPITE SE CAPTARÁ EN LAS ÁREAS HABILITADAS PARA LA CAPTACIÓN, SE RECOLECTARÁ Y CONDUCTIRÁ POR MEDIO DE CANALETAS Y TUBOS A LOS ALMACENAMIENTOS, Y FINALMENTE SERÁ TRATADA POR DIVERSOS PROCESOS (FILTRACIÓN Y DESINFECCIÓN).

3.2.1. Almacenamientos en las comunidades

Se optó por la implementación de cisternas cilíndricas tipo capuchina de 100,000 y 1,000,000 litros de capacidad, ambas con relativa facilidad en su implementación, las primeras, incluso, con posibilidad de construir en 8 días, a un costo por concepto de materiales muy inferior a \$1/litro.



Ilustración 3. Ejemplo de cisterna con capacidad de 100,000 y 1,000,000 litros.

3.2.2. Sistemas de tratamiento en las comunidades

Según las fuentes de agua se requiere de una serie de tratamientos función de su calidad inicial. La Norma Oficial Mexicana NOM-127—SSA1-1994, establecida por la Secretaría de Salud indica los parámetros permisibles del agua para consumo humano.

En las comunidades de Napizaro y Arocutin se instalaron plantas de tratamiento denominadas Equipo Vending, con estos equipos se purifica el agua de lluvia de lluvia captada y almacenada a través de diferentes etapas de filtración y desinfección.

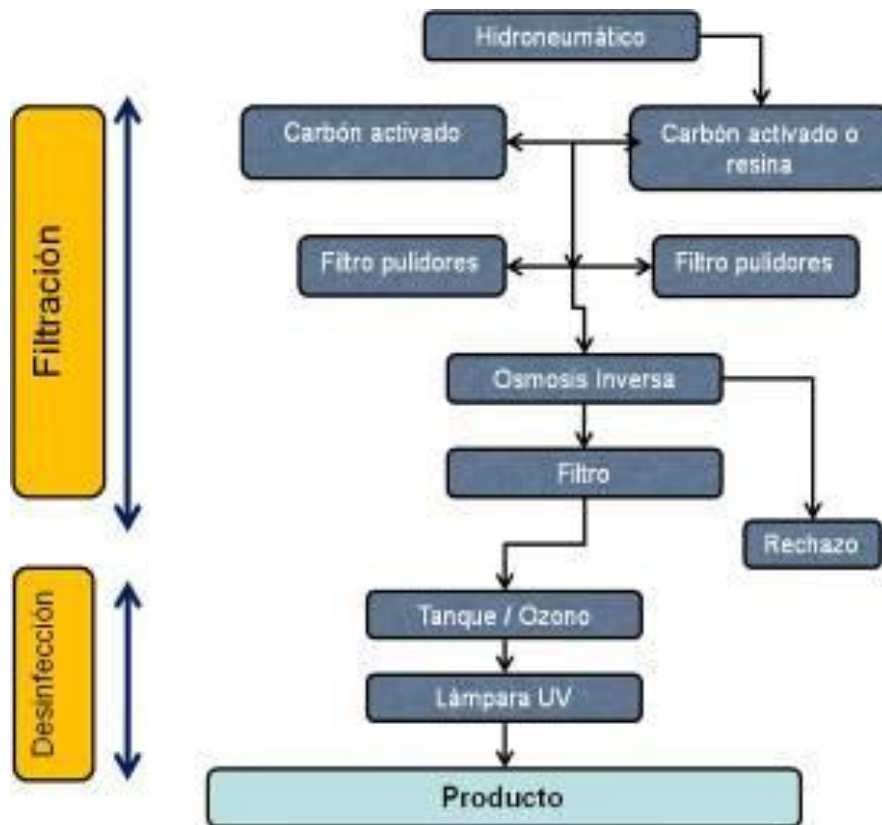


Figura 11. Esquema de los procesos desarrollados en el Equipo Vending

En la comunidad de San Francisco Úricho se instaló una planta de tratamiento con modulo despachador, se trata de un equipo con despachador. Con este equipo se purifica el agua de lluvia de lluvia captada y almacenada a través de diferentes etapas de filtración y desinfección. Los componentes del equipo instalado se resumen a continuación:

Tabla 17. Elementos del equipo de tratamiento en la comunidad de San Francisco Úricho

Capacidad	<ul style="list-style-type: none"> • 300 garrafones por día
Fabricación	<ul style="list-style-type: none"> • Modulo 100% acero inoxidable 304
Elementos de tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Filtro sedimentos 30" • Filtro carbón activado 30" • Sensor nivel agua purificada • Lámpara esterilizadora luz ultravioleta 4-8 gpm • Generador de ozono
Elementos de estructura y operación	<ul style="list-style-type: none"> • Bomba filtración con acero inoxidable • Despacho de garrafón 19 lts • Botón anti vandalismo • Puerta lateral para mantenimiento con cerrojo • Monedero "no da cambio" • Iluminación interior • Puerta policarbonato • 1 tanques grado alimenticio para almacén • --Medidas aprox. de 30x30x72 pulgadas de alto



Ilustración 4. Sistema de tratamiento de agua en la comunidad de San Francisco Uricho

4. ESTUDIOS Y GESTIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS MODELOS

En el mes de abril de 2008, en reunión celebrada entre personal del IMTA (Jefes de proyecto) y autoridades del municipio, se presentó el proyecto para las tres comunidades. Posterior a la reunión el presidente municipal Prof. Eleazar Aparicio Tercero nombró a los responsables de apoyo para cada comunidad quedando de la siguiente manera:

Tabla 18. Responsables por parte del municipio de Erongaricuario para las tres comunidades

Comunidad	Contraparte IMTA/Cargo	Contraparte Municipio de Erongaricuario/Cargo	Periodo de ejecución
Napizaro	M.I. Luis Gómez Lugo Jefe de proyecto	Guadalupe Rodríguez Solorio Regidora de Ecología	2008-2009
Arócutin	M.I. Luis Gómez Lugo Jefe de proyecto	Everardo A. Cortes Director de obras públicas	2009
San Francisco Uricho	M.I. Luis Gómez Lugo Jefe de proyecto	Juan Carlos Ziramba Regidor de asuntos comunales	2010-2011

Las tres comunidades fueron visitadas en compañía de autoridades y contrapartes del municipio de Erongaricuario. Durante los recorridos se revisaron las condiciones relacionadas al abastecimiento de agua en cada comunidad y los sitios posibles de implementación del proyecto. El plan de trabajo para implementación de los modelos comunitarios de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano en cada comunidad fue el siguiente:



Figura 12. Plan de trabajo para la implementación de los modelos en cada comunidad

4.1. Comunidad de Napizaro

Dada esta programación en la comunidad de Napizaro se realizaron recorridos por la comunidad en compañía de vecinos y autoridades de la comunidad, se celebraron reuniones de trabajo entre los que participaron:

1. Guadalupe Solorio.- Regidora de ecología del municipio de Erongaricuario
2. Gilberto Jaramillo.- Jefe de tenencia
3. Carlos Rico.- Vecino de la comunidad y encargado de mercados del municipio de Erongaricuario
4. Comité del agua
 - Mario Padrón Jaramillo Presidente
 - J. Guadalupe Solorio Celis Secretario
 - Andrés Amescua Julio Vocal
5. vecinos de la comunidad
6. MI: Luis Gómez Lugo.- Jefe de proyecto por parte del IMTA
7. MI. Natividad Barrios Domínguez.- Jefe de proyecto por parte de la UAZ.

La integración del comité de agua permitió apoyar y coordinar las actividades asociadas a la implementación de los sistemas de almacenamiento de agua de lluvia.



Ilustración 5. Reuniones y recorridos en la comunidad de Napizaro.

Durante las reuniones y recorridos se visitaron y propusieron en principio los sitios posibles para la implementación de los elementos del proyecto, como ejemplo: la jefatura de tenencia, la iglesia y la cancha de Basquetball. Se estimaron las áreas de la infraestructura potencialmente aprovechable para captar agua de lluvia.



Ilustración 6. Áreas potenciales de captación de agua de lluvia (Napizaro).

El día 31 de julio de 2008 en reunión mensual de ejidatarios fue presentado el proyecto, se explicaron las posibles alternativas para la comunidad, los alcances y beneficios del proyecto. El proyecto fue gran interés para los asistentes de la reunión y en votación fue aprobado el apoyo de la comunidad para la implementación del modelo comunitario de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano.

4.2. Comunidad de Arocutin

Dada la programación del proyecto se realizaron recorridos en compañía de vecinos y autoridades, se celebraron reuniones de trabajo entre los que participaron:

1. Andrés López Tera.- Jefe de tenencia
2. Indalesio de Jesús Lázaro.- Suplente del jefe de Tenencia
3. Vecinos de la comunidad
4. Comité del agua
5. MI: Luis Gómez Lugo.- Jefe de proyecto por parte del IMTA
6. MI. Natividad Barrios Domínguez.- Jefe de proyecto por parte de la UAZ.



Ilustración 7. Reuniones y recorridos en la comunidad de Arocutin.

Durante las reuniones y recorridos se visitaron y propusieron en principio los sitios posibles para la implementación de los elementos del proyecto, como ejemplo: los terrenos “Los Baños” y cancha de Basquetball. Se estimaron las áreas de la infraestructura potencialmente aprovechable para captar agua de lluvia.



Ilustración 8. Áreas potenciales de captación y almacenamiento de agua de lluvia (Arocutin)

El día 01 de febrero de 2009 en reunión de vecinos de la comunidad se explicaron las alternativas para la comunidad, los alcances y beneficios del proyecto. El proyecto fue aprobado con el compromiso de la comunidad para apoyar la implementación del modelo comunitario de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano.

4.3. Comunidad de San Francisco Úricho

Se realizaron recorridos en compañía de vecinos y autoridades, se celebraron reuniones de trabajo entre los que participaron:

1. Eleazar Aparicio Tercero (Presidente Municipal)
2. Juan Carlos Ziramba.- Regidor de asuntos comunales
3. Ramiro Cortes (Jefe de tenencia periodo 2009)
4. Vecinos de la comunidad
5. Comité del agua
6. MI: Luis Gómez Lugo.- Jefe de proyecto por parte del IMTA
7. MI. Natividad Barrios Domínguez.- Jefe de proyecto por parte de la UAZ.



Ilustración 9. Reuniones y recorridos en la comunidad de San Francisco Úricho.

Durante los recorridos y reuniones se propusieron en principio los sitios posibles para la implementación de los elementos del proyecto, se revisaron las condiciones relacionadas al abastecimiento de agua en la comunidad y visitaron posibles sitios, como ejemplo: la iglesia, la escuela primaria y el Kinder. Se estimaron las áreas e infraestructura potencialmente aprovechable para captar agua de lluvia.

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO



Ilustración 10. Áreas potenciales de captación y almacenamiento de agua de lluvia (San Francisco Úricho)

El día 23 de abril de 2010 en reunión con el presidente municipal de Erongaricuaró (Prof. Eleazar Aparicio Tercero), se presentó el avance del proyecto de las comunidades de Napízaro y Arócutin. En la reunión se presentó el alcance de las acciones a desarrollar en la comunidad de San Francisco Úricho y las necesidades para implementar el modelo de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano.

Posterior a esta reunión, en el mes de julio se definió como sitio para implementar el proyecto un terreno aledaño a donde será construido el auditorio de la comunidad.

5. IMPLEMENTACIÓN, ASESORÍA Y SEGUIMIENTO DEL MODELO COMUNITARIO DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA.

5.1. Comunidad de Napizaro

5.1.1. Implementación (Napizaro)

La etapa de implementación se resume como sigue:

1. Desarrollo y presentación de la metodología para la implementación de las cisternas
2. Integración del comité de agua y brigadas de trabajo
3. Taller de capacitación
4. Sistemas de almacenamiento de agua de lluvia.
5. Áreas de captación y elementos de recolección y conducción
6. Sistema de tratamiento del agua de lluvia

Una vez presentada la metodología para la implementación del proyecto se realizó la integración de la brigada de trabajo conformada por un grupo de 10 personas vecinos de la comunidad y con ellos el taller de capacitación.



Ilustración 11. Integración de la brigada de trabajo (Napizaro)

Se optó por cisternas cilíndricas tipo capuchina de 100,000 litros de capacidad, las cuales se pueden ser construidas de 8 a 12 días, a un costo de 2,700 USD por concepto de materiales e insumos (costo actualizado a dic 2011).

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN
ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO



Ilustración 12. Cisterna cilíndrica tipo capuchina de 100,000 litros capacidad



Ilustración 13. Cisterna en los terrenos de la jefatura de tenencia - 200,000 litros de capacidad (Napizaro)



Ilustración 14. Cisternas en la cancha de básquetbol - 200,000 litros de capacidad (Napizaro)

El sistema de captación de agua de lluvia aprovecha el techado de la cancha de basquetbol, con esta superficie mas las propias de cada cisterna se aseguran las superficies necesarias para obtener la cantidad de agua que demanda la población. El techado de la cancha de basquetbol cuenta con pendiente para facilitar el escurrimiento del agua hacia el sistema de conducción y almacenamiento.



Ilustración 15. Sistema de captación y conducción de agua de lluvia (Napizaro)

Para el sistema recolección y conducción del agua de lluvia hacia las cisternas, se instalaron canaletas y tubería de 6 pulgadas.

Para el sistema de tratamiento de agua de lluvia se instaló una planta de tratamiento denominada Equipo Vending, que permite potabilizar el agua de lluvia a través de diferentes etapas de filtración y desinfección en la que se incluye:

- Filtros
- carbón activado
- Resinas
- ósmosis inversa
- desinfección con UV
- Ozono.



Ilustración 16. Sistema de tratamiento de agua de lluvia (Napizaro)

El equipo Vending está programado electrónicamente para regular el costo (monedas – pesos) y el volumen de agua (garrafón – 19 litros) y tiene capacidad de producción de 150 garrafones por día.

Dentro del manejo del equipo Vending es muy importante checar las concentraciones de TDS, cloro, dureza y pH del agua fuente y producto, esto se logra con el uso de un kit de medición que permite definir las actividades de retrolavados y calibración de la cantidad de agua que se rechazará y la que se obtendrá como producto

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPIZARO, ERONGARÍCUARO



Ilustración 17. Infraestructura y sistema de tratamiento de agua de lluvia (Napizaro)

EN RESUMEN, EN LA COMUNIDAD DE NAPIZARO SE IMPLEMENTARON 4 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO CON CAPACIDAD DE 100,000 LITROS CADA UNO, DOS ALMACENAMIENTOS QUEDARON UBICADOS EN LOS TERRENOS DE LA JEFATURA DE TENENCIA Y LOS OTROS DOS A UN COSTADO DE LA CANCHA DE BASQUETBOL EN LOS TERRENOS DEL ANTIGUO KINDER. EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA QUEDO RESGUARDADO Y PROTEGIDO EN UNA CASETA CONSTRUIDA EN LOS TERRENOS DE LA JEFATURA DE TENENCIA.

Durante la ejecución del proyecto se tuvieron 3 periodos de jefaturas de tenencia.

Tabla 19. Jefes de tenencia durante la ejecución del proyecto (Napizaro)

Nombre	Observación
Álvaro Campos Ruiz	Se iniciaron las gestiones del proyecto
Gilberto Jaramillo Antonio	Se realizaron los trabajos de gestión y se implementaron dos sistemas de almacenamiento de 100,000 litros cada uno.
Jerónimo Jaramillo Ramírez	Se implementaron dos sistemas de almacenamiento de 100,000 litros cada uno, el sistema de recolección y conducción y la instalación y puesta en operación de la planta de tratamiento de agua de lluvia.

5.1.2. Asesoría y seguimiento (Napizaro)

Durante 2008 - 2010 se dio seguimiento a la operación del sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia en coordinación con los encargados de operar el sistema.

Algunas acciones se enuncian a continuación:

Se realizó un curso de capacitación y actualización a los operadores de la planta de tratamiento de agua de lluvia

Se amplió la capacidad de entrega de agua en garrafón mediante la entrega de 50 garrafones a los encargados de la operación de la planta de tratamiento de agua de lluvia mejorando la capacidad de distribución del agua a la población.

Visitas de supervisión y revisión técnica de la planta de tratamiento

Mantenimiento y remplazo de algunos elementos del equipo de tratamiento.

A FIN DE DIFUNDIR LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA COMUNIDAD SE REALIZARON DIVERSAS VISITAS DEMOSTRATIVAS, ENTRE OTRAS, PERSONAL DEL IMTA, COMITÉ DIRECTIVO DE LA FGRA, AUTORIDADES DEL MUNICIPIO Y VECINOS DE POBLACIONES ALEDAÑAS.

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN
ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO



Ilustración 18. Seguimiento y asesoría (Napizaro)

5.2. Comunidad de Arocutin

5.2.1. Implementación (Arocutin)

La etapa de implementación se resume como sigue:

1. Desarrollo y presentación de la metodología para la implementación de las cisternas
2. Integración del comité de agua y brigadas de trabajo
3. Taller de capacitación
4. Sistemas de almacenamiento de agua de lluvia.
5. Áreas de captación y elementos de recolección y conducción
6. Sistema de tratamiento del agua de lluvia

Una vez integrada la brigada de trabajo conformada por 10 vecinos de la comunidad, se realizó el taller de capacitación para la implementación de las cisternas.

Al igual que en la comunidad de Napizaro se optó por cisternas cilíndricas tipo capuchina de 100,000 litros de capacidad.

En los terrenos denominados “Los Baños” se implementaron 3 sistemas de almacenamiento con capacidad de 100,000 litros cada uno.



Ilustración 19. Cisternas en los terrenos “Los baños” - (Arocutin)

En el terreno de la cancha de basquetbol se implemento un sistema de almacenamiento con capacidad de 120,000 litros aproximadamente.



Ilustración 20. Cisterna en la cancha de Basquetbol - (Arocutin)

El sistema de captación de agua de lluvia esta compuesto

1. Techado de la cancha de basquetbol
2. Techados aledaños a Los Baños
3. Tachos de 4 cisternas

Con esta superficie se complementa la superficie de captación necesaria para satisfacer la cantidad de agua de lluvia que demanda la población.

El techado de la cancha de basquetbol cuenta con pendiente para facilitar el escurrimiento del agua hacia el sistema de conducción y almacenamiento. El sistema recolección y conducción del agua de lluvia hacia las cisternas se compone de canaletas y tubería de 6 pulgadas.

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN
ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPIZARO, ERONGARÍCUARO



Ilustración 21. Sistema de captación y conducción de agua de lluvia (Arocutin)

El sistema de tratamiento de agua de lluvia instalado fue el Equipo Vending, que permite potabilizar el agua de lluvia mediante filtración y desinfección en la que se incluye:

- Filtros
- carbón activado
- Resinas
- ósmosis inversa
- desinfección con UV
- Ozono.

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN
 ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO



Ilustración 22. Sistema de tratamiento de agua de lluvia (Arocutin)

El equipo Vending se programo para regular el costo y el volumen de agua (garrafón de 19 litros). Tiene una capacidad de producción de 150 garrafones por día. Con el kit de medición se realizan las actividades de retrolavados y calibración de la cantidad de agua que se rechazará y la que se obtiene como producto Las mediciones que realizadas para tal efecto son: TDS, cloro, dureza y pH del agua fuente y producto



Ilustración 23. Infraestructura y sistema de tratamiento de agua de lluvia (Arocutin)



Ilustración 24. Caseta de resguardo del sistema de tratamiento de agua de lluvia (Arocutin)

EN RESUMEN, EN LA COMUNIDAD DE AROCUTIN SE IMPLEMENTARON 4 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO, TRES QUEDARON UBICADOS EN LOS TERRENOS DE LOS BAÑOS CON CAPACIDAD DE 100,000 LITROS CADA UNO. OTRO MÁS QUEDO A UN COSTADO DE LA CANCHA DE BASQUETBOL. EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA QUEDO RESGUARDADO Y PROTEGIDO EN UNA CASETA CONSTRUIDA EN LOS TERRENOS DE LOS BAÑOS.

5.2.2. Asesoría y seguimiento (Arocutin)

Durante 2009 - 2010 se dio seguimiento a la operación del sistema de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia en coordinación con los encargados de operar el sistema.

Tabla 20. Vecinos de apoyo durante la ejecución del proyecto (Napizaro)

Nombre	Cargo
Prof. Andrés López Tera.-	Jefe de tenencia
Sr. Indalesio de Jesús Lázaro	Suplente del jefe de Tenencia
Vecinos de la comunidad	

Algunas acciones se enuncian a continuación:

- Cursos de capacitación y actualización a los operadores de la planta de tratamiento de agua de lluvia
- Ampliación de la capacidad de entrega de agua en garrafón mediante la entrega de 50 garrafones a los encargados de la operación de la planta de tratamiento de agua de lluvia mejorando la capacidad de distribución del agua a la población.
- Visitas de supervisión y revisión técnica de la planta de tratamiento
- Mantenimiento y remplazo de algunos elementos del equipo de tratamiento.



Ilustración 25. Seguimiento y asesoría (Arocutin)

5.3. Comunidad de San Francisco Úricho

5.3.1. Implementación (San Francisco Úricho)

La etapa de implementación se resume como sigue:

1. Presentación de la metodología para la implementación de las cisternas
2. Integración del comité de agua y brigadas de trabajo
3. Taller de capacitación
4. Sistemas de almacenamiento de agua de lluvia.
5. Áreas de captación y elementos de recolección y conducción
6. Sistema de tratamiento del agua de lluvia



Figura 13. Localización de modelo comunitario en la comunidad de San Francisco Uricho

Se optó por una cisterna cilíndrica tipo capuchina de 1,050,000 litros de capacidad. Fue implementada en dos meses y medio. Con ella se busca cubrir una dotación de 3 litros/día/habitante para consumo humano.

Una vez definidas las necesidades de mano de obra se programaron grupos de trabajo. En promedio se tuvo la participación de 8 vecinos diarios. En cada etapa de implementación de la cisterna, en el lugar se capacitó a los vecinos dado que el grupo fue grande y con participación irregular.

Durante los meses de julio y agosto 2010 se realizó la excavación, en el mes de septiembre 2010 se inició la implementación de la cisterna con capacidad de aproximadamente 1,000,000 de litros.

Todas las actividades de implementación de la cisterna se ilustran a continuación:



Colado del fondo de la cisterna



Colado del fondo de la cisterna



Armado y colado de la base de cisterna



Levantamiento del muro capuchino



Repellado de exterior e interior



Colado de contrarefueros

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN
 ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO



Levantamiento y colado



Repellado de muro parte alta



Colado de castillos internos



Repellado exterior e interior parte alta



Relleno y apisonamiento de tierra



Relleno y apisonamiento de tierra



Relleno y apisonamiento de tierra



Preparación para colado de contrarefuertos



Colado de contrarefuertos



Muro capachunino, relleno y apisonamiento



Muro capachunino, relleno y apisonamiento



Vista cisterna 1,000,000 litros sin tapar

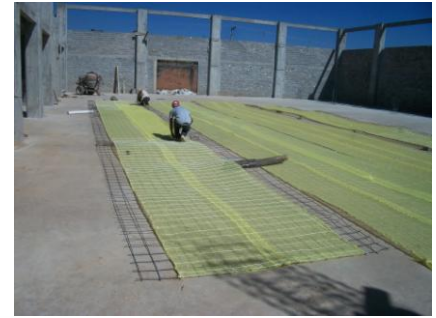
MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN
ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO



Cuerpo de cisterna listo para el techado



Tejido de malla y arpillera para cimbra



Tejido de malla y arpillera para cimbra



Montaje de cimbra para techado



Montaje de cimbra para techado



Montaje de cimbra para techado



Montaje de cimbra para techado



Montaje de cimbra para techado



Montaje de cimbra para techado



Montaje de cimbra para techado



Colado del techado



Colado del techado

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO



Colado del techado



Cisterna techada



Cisterna techada y pintada



Cisterna techada y pintada



Caseta de resguardo



Cisterna y caseta de resguardo

Ilustración 26. Implementación de la cisterna 1,000,000 litros en la comunidad de San Francisco Úricho

Dadas las dimensiones y capacidad de la cisterna se realizó la impermeabilización con una cubierta de geomembrana.



Ilustración 27. Geomembrana en cisterna de la comunidad de San Francisco Úricho

Geomembrana de material L-30 color negro, base de polietileno, con espesor de 0.75mm, tratamiento anti UV. El revestimiento con geomembrana se realizó en el perímetro interior de la cisterna en una altura de 4.5 metros, en el fondo (piso) de la cisterna y en cada una de las 7 columnas.



Ilustración 28. Sistema de captación y conducción de agua de lluvia (San Francisco Úricho)

Para el sistema de tratamiento de agua de lluvia se instaló una planta de tratamiento - purificación de agua con modulo despachador. Con este equipo se purifica el agua a través de diferentes etapas de filtración y desinfección. Los componentes del equipo instalado se resumen a continuación:

- Filtros
- carbón activado
- Desinfección con UV
- Ozono.

Las medidas del equipo son 30x30x72 pulgadas. El equipo tiene la opción de ser programado electrónicamente para regular el costo y el volumen de agua (garrafón – 19 litros) y tiene capacidad de producción de 300 garrafones por día.

Capacidad

- 300 garrafones por día

Fabricación

- Modulo 100% acero inoxidable 304

Elementos de tratamiento

- Filtro sedimentos 30”
- Filtro carbón activado 30”
- Sensor nivel agua purificada
- Lámpara esterilizadora luz ultravioleta 4-8 gpm
- Generador de ozono

Elementos de estructura y operación

- Bomba filtración con acero inoxidable
- Despacho de garrafón 19 lts
- Botón anti vandalismo
- Puerta lateral para mantenimiento con cerrojo
- Monedero "no da cambio"
- Iluminación interior
- Puerta policarbonato
- 1 tanques grado alimenticio para almacén

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO



Ilustración 29. Sistema de tratamiento de agua de lluvia (San Francisco Úricho)

EN RESUMEN, EN LA COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO URICHO SE IMPLEMENTÓ 1 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO CON CAPACIDAD DE 1,000,000 LITROS, UBICADO A UN COSTADO DEL AUDITORIO. EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA QUEDO RESGUARDADO Y PROTEGIDO EN UNA CASETA CONSTRUIDA A UN COSTADO DEL AUDITORIO.

5.3.2. Asesoría y seguimiento (San Francisco Úricho)

El sistema de captación de agua de lluvia aprovechara el techado del auditorio de la comunidad, con esta superficie mas la propia de la cisterna se contara con la superficie necesaria para obtener el agua que demanda la población. Este techado cuenta con pendiente que facilita el escurrimiento del agua hacia el sistema de conducción y almacenamiento.

La cisterna se ubica a un costado del auditorio de la comunidad, la superficie techada de este auditorio servirá como área de captación de agua de lluvia, que posteriormente será conducida a la cisterna.

Para el sistema recolección y conducción del agua de lluvia hacia la cisterna se instalaron canaletas y tubería de 6 pulgadas.

Durante 2011 se dio seguimiento y supervisión del modelo de captación, almacenamiento y tratamiento de agua lluvia

COMO RESULTADO DEL PROYECTO, SE CUENTA CON UNA ALTERNATIVA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO, CUYO BENEFICIO ALCANZARÁ UNA POBLACIÓN APROXIMADA A 2,700 HABITANTES DE LA CUENCA DEL LAGO DE PÁTZCUARO, EN DONDE SE HA CONSIDERADO SU CONDICIÓN SOCIAL, CULTURAL, ECONÓMICA Y AMBIENTAL.

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN
ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO



Ilustración 30. Seguimiento en modelo comunitario de San Francisco Úricho (1)

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN
ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO



Ilustración 31. Seguimiento en modelo comunitario de San Francisco Úricho (2)

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN
ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO



Ilustración 32. Seguimiento en modelo comunitario de San Francisco Úricho (3)

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN
ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO

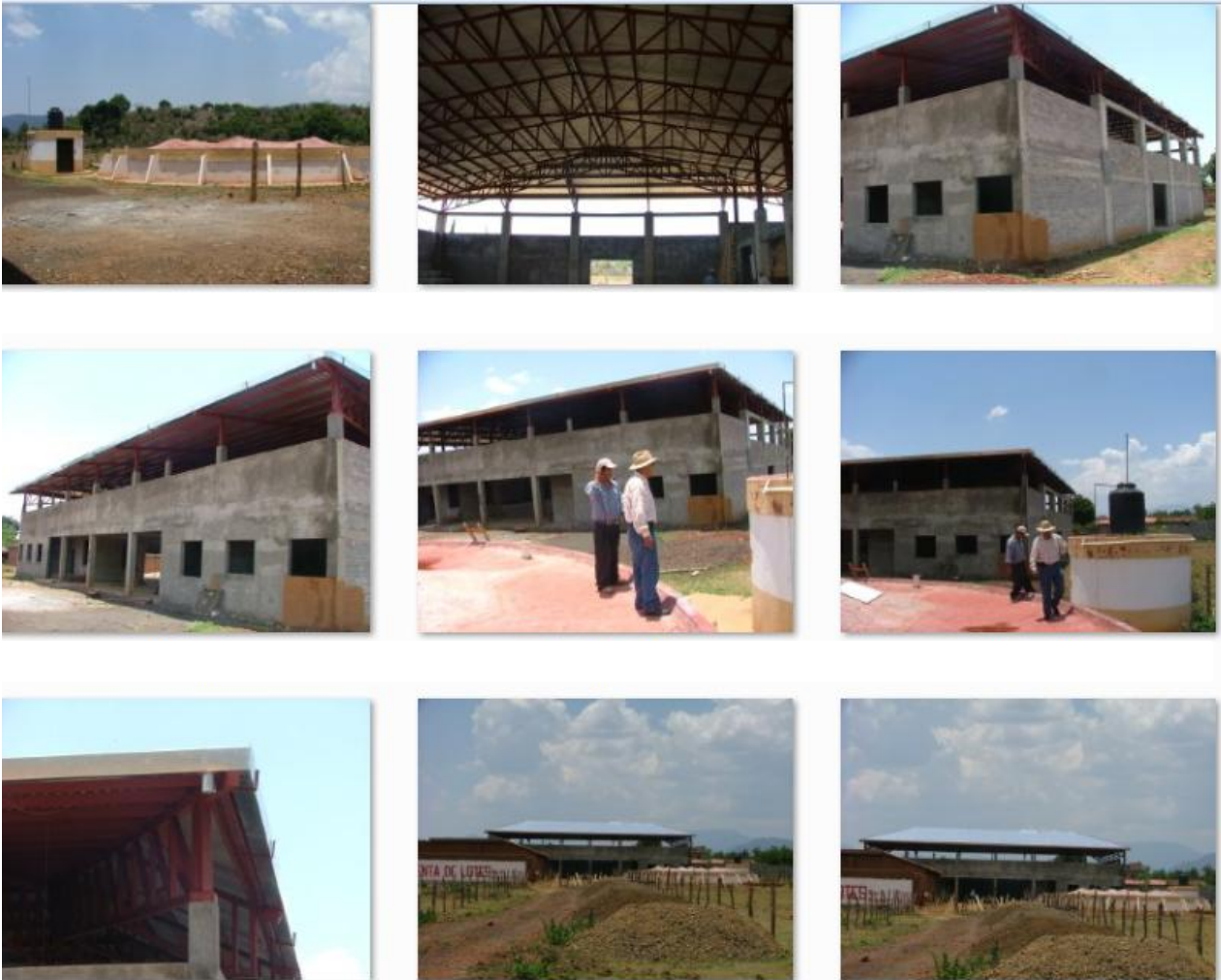


Ilustración 33. Seguimiento en modelo comunitario de San Francisco Úricho (4)

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN
ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO



Ilustración 34. Seguimiento en modelo comunitario de San Francisco Úricho (5)

6. INFORMES PARCIALES Y FINAL.

6.1. Informes Cuatrimestrales a la fundación Gonzalo Río Arronte.

Durante la ejecución del proyecto (2008 – 2010), se realizaron 11 informes cuatrimestrales:

Tabla 21. Listado de informes cuatrimestrales a la Fundación Gonzalo Río Arronte.

No	Cuatrimstre	Año
1	Mayo - Agosto	2008
2	Septiembre - Diciembre	2008
3	Enero - Abril	2009
4	Mayo - Agosto	2009
5	Septiembre - Diciembre	2009
6	Enero - Abril	2010
7	Mayo - Agosto	2010
8	Septiembre - Diciembre	2010
9	Enero - Abril	2011
10	Mayo - Agosto	2011
11	Septiembre - Diciembre	2011

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARIO



**Modelos comunitarios de captación,
almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia
para consumo humano en Arócutin, San
Francisco Uricho y Napízaro, Erongarícuaro**

**Informe de avance
Septiembre - diciembre - 2011**

SUBCOORDINACIÓN DE TECNOLOGÍA APROPIADA E INDUSTRIAL
COORDINACIÓN DE HIDRÁULICA



FUNDACIÓN
GONZALO RÍO ARRONTE, I.A.P.

Autores:
Luis Gómez-Lugo

México, 2011

F1.C0.4.40.11

Figura 14. Ejemplo de informe cuatrimestral a la FGRA.

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO

7. ANEXO FOTOGRÁFICO



Ilustración 35. Ejemplos de cisternas 100 y 1,000m³.

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN
ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPIZARO, ERONGARÍCUARO

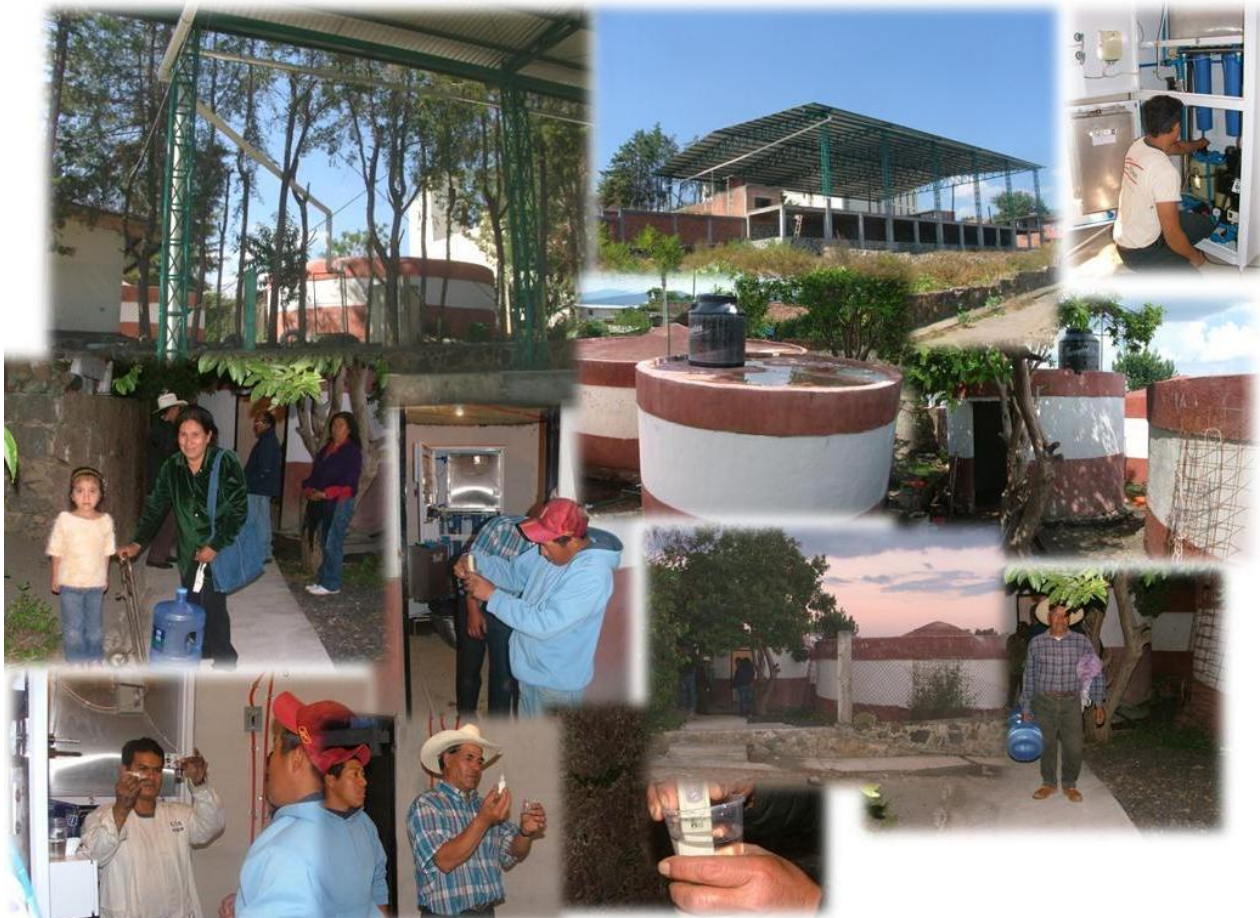


Ilustración 36. Operación de los sistemas en las comunidades (1)

MODELOS COMUNITARIOS DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO EN
ARÓCUTIN, SAN FRANCISCO URICHO Y NAPÍZARO, ERONGARÍCUARO



Ilustración 37. Operación de los sistemas en las comunidades (2)

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anaya G., Manuel, et al.** (2007). *Manual ISBN 978-968-839-558-5 “Sistema de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia para Uso Doméstico y Consumo humano en América Latina y El Caribe”*, CP-PNUMA, México.
- Barrios D., Natividad; et al,** (2005). “*Propuesta técnica para la construcción de cisternas en zonas rurales*”, II Encuentro nacional de ecotecnias; Morelia, Mich.
- CEAMA, Comisión Estatal de Agua y Medio Ambiente de Morelos.** (2001). *Diagnóstico e inventario de la infraestructura y los servicios hidráulicos en las localidades rurales de 16 municipios del Edo. de Morelos*. Servicios de Ingeniería e Informática. Documento Interno.
- Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja.** (2008). *Sistemas domésticos de tratamiento y almacenamiento de agua en situaciones de emergencia Un manual para el personal y los voluntarios de la Cruz Roja*
- Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C.** *El agua en México lo que todas y todos debemos saber*. México, 2006.
- García V., Nahun H., et al,** (2006). “*Tecnologías apropiadas en materia de agua para comunidades rurales - cuenca del lago de Pátzcuaro*”, IV Foro Mundial del Agua, Agua y Saneamiento para todos, México.
- Garrido H. Sofía E. et al.** (___). *Potabilización de agua de lluvia rodada por medio de filtración en múltiples etapas modificada, México*
- Gómez L., Luis; et al,** (2005). “*Propuesta técnica para dimensionar una cisterna en proyectos de captación de agua de lluvia*”, II Encuentro nacional de ecotecnias; Morelia, Mich.
- Gómez L., Luis; et al,** (2006). “*Sistemas unifamiliares de captación de agua de lluvia en el medio rural SUCALL*”, XXII Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Guyana, Venezuela.
- Gómez L., Luis** (2008). “*Potencial de aprovechamiento y herramientas para el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia*”, XX Congreso Nacional de Hidráulica, Toluca, Estado de México, México.
- Gómez L., Luis** (2009). “*Herramientas de diseño y potencial de aprovechamiento de agua de Lluvia en el Estado de Morelos*”, XV Congreso Nacional de Irrigación, Puerto Vallarta, Jalisco, México.
- Gómez L., Luis** (2009). *Potencial de aprovechamiento de agua de lluvia en el estado de Morelos, México - diseño de sistemas “SCAALL”*, IX SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Planificación, Proyecto y Operación de Sistemas de Abastecimiento de Agua. Valencia (España), 24-27 de noviembre de 2009.

Gómez L., Luis, et al (2009). “*Agua para consumo humano en comunidades de la Cuenca de Lago de Pátzcuaro mediante sistemas de captación y tratamiento de agua de lluvia*”, IX SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Planificación, Proyecto y Operación de Sistemas de Abastecimiento de Agua. Valencia (España), 24-27 de noviembre de 2009.

Gómez L., Luis, (2008-2011). “*Modelos comunitarios de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano en Arócutin, San Francisco Uricho y Napízaro, Erongarícuaro*”, Informes Cuatrimestrales a la Fundación Gonzalo Río Arronte.

Gómez L., Luis, et al. (2008). *Metodología de cisternas de 100m³*. Documento técnico interno.

Gómez L., Luis, et al. (2009). *Metodología de cisternas de 500m³*. Documento técnico interno.

INEGI. (2010). *Anuario estadístico del Estado de Morelos*. México.

INIFED (2008) *Normas y especificaciones para estudios proyectos construcción e instalaciones*. Volumen 3, Habitabilidad y funcionamiento Tomo I Diseño arquitectónico

Programa Especial para la Seguridad Alimentaria PROYECTO TIPO Sistemas de captación y almacenamiento de agua en el hogar Agosto de 2007. PESA-México.

REMA (2011). *Propuesta de plantas de potabilización y purificación de agua de lluvia*. Proyectada para potabilizar y/o purificar agua de lluvia para uso y consumo humano en comunidades remotas y cumplir con las Normas Oficiales.

Secretaría de Salud (1996). *Norma Oficial Mexicana NOM. 127-SSA1-1994, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano - Límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización.*”, Secretaría de Salud, Diario Oficial de la Federación, México, 41 – 46 pp.

Páginas Web

<http://www.inegi.gob.mx/>

<http://www.h2opoint.com>

<http://www.rema.com.mx/>

<http://municipiosmich.gob.mx/>

<http://www.ine.gob.mx/>

<http://www.semarnat.gob.mx/>

<http://www.cna.gob.mx/>