

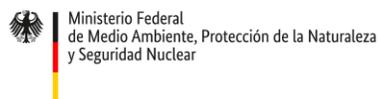
Evaluación del Programa Integral de Sustentabilidad Comunitaria (PISC) del Estado de Guanajuato, componente Sistemas de Captación de Agua de Lluvia

Sección:

Recomendaciones para el mejoramiento del programa estatal de captadores de agua pluvial

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Por encargo de:



de la República Federal de Alemania

GUANAJUATO
Instituto de Ecología del Estado

Este estudio ha sido financiado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, organismo de cooperación al desarrollo del gobierno alemán, mediante fondos de la Iniciativa Internacional de Protección del Clima (*International Climate Initiative -IKI*). Desde 2008, la IKI del Ministerio Federal del Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU por sus siglas en alemán) del Gobierno Alemán, ha financiado proyectos de cambio climático en países de desarrollo y emergentes, así como países en transición.

Publicado por:

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Friedrich-Ebert-Alle 36+40
53113 Bonn, Deutschland
T +49 228 44 60-0
F +49 228 44 60-17 66
E info@giz.de
I www.giz.de

Proyecto

Alianza Mexicana Alemana de Cambio Climático
Ejército Nacional 223,
Col. Anáhuac, Del. Miguel Hidalgo
C.P 11320
T. +52 55 5536 2344
E giz-mexiko@giz.de

Información Adicional

www.international-climate.initiative.com
www.iki-alliance.mx

Coordinación y Supervisión:

IEE: Alberto Carmona Velazquez y David Robledo Beanés
GIZ: Yuriana González Ulloa y Ángel Rodrigo Lorea Alonso

Autores:

Isla Urbana:
Enrique Lomnitz
José de Jesús Sotomayor Bonilla
David Vargas
Daniel A. Revollo Fernández
Carmen Hernández



México, agosto de 2018

Contenido

1.	Contexto	5
2.	Sistemas de captación de agua de lluvia muestreados	5
3.	Descripción técnica de los sistemas instalados	8
4.	Descripción de la implementación / ejecución de las instalaciones	10
5.	Aspectos que podrían ser mejorados	12
5.1.	Recepción de los sistemas.....	12
5.2.	Diseño e instalación de los sistemas.....	12
5.3.	Compra de los sistemas	13
6.	Factores de éxito encontrados.....	13
7.	Notas / observaciones particulares	13
8.	Consideraciones para el diseño de proyectos de captación en Guanajuato.	14
8.1.	Consideraciones iniciales	14
8.2.	Consideraciones de viabilidad del costo-beneficio vs la red de agua potable	14
8.3.	Consideraciones de beneficios en calidad de agua.....	15
8.4.	Consideraciones de beneficio económico para los usuarios	15
9.	Recomendaciones para la sostenibilidad del proyecto	17
10.	Recomendaciones de conceptos técnicos básicos que deberán tomarse en cuenta	21
11.	Conclusiones	29
11.1.	Conclusiones sobre los sistemas instalados entre 2015 y 2017	29
11.2.	Conclusiones: Evaluación y potencial de continuidad del programa	29
	Referencias	31
	Anexos	33
	Anexo 1. Encuesta de datos técnicos.....	33

Índice de Tablas

Tabla 1. Municipio o localidad, número de sistemas instalados y evaluados, número total y porcentaje de sistemas no utilizados y utilizados.....	7
Tabla 2. Año de instalación, empresa contratista y municipios en donde se evaluaron los sistemas de captación de agua de lluvia.....	10
Tabla 3. Cantidad de agua consumida al año por fuente por los beneficiarios del Programa Integral de Sustentabilidad Comunitaria.....	16
Tabla 4. Costo del volumen equivalente al agua que se captó, según tipo de fuente.....	16
Tabla 5. Listado de criterios mínimos técnicos para el diseño de los sistemas según su uso.....	25

Índice de Figuras

Figura 1. Porcentaje de los sistemas evaluados que están en uso y en desuso	7
Figura 2. Número de sistemas usados y no usados según el año de implementación del programa y la empresa ejecutora.	11
Figura 3. Esquema de sistema de captación de agua de lluvia para uso no humano, incluyendo los componentes mínimos necesarios y detalles específicos del sistema.....	26
Figura 4. Esquema de sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico, incluyendo los componentes mínimos necesarios y detalles específicos del sistema.	27
Figura 5. Esquema de sistema de captación de agua de lluvia para uso humano, incluyendo los componentes mínimos necesarios y detalles específicos del sistema.	28

Índice de Fotografías

Fotografía 1. Sistemas completos.....	8
Fotografía 2. Bases de tinaco	8
Fotografía 3. Tubería utilizada.	9
Fotografía 4. Canaletas	9
Fotografía 5. Posición de tubería y fuga en llave de tinaco	9

1. Contexto

El Gobierno del Estado de Guanajuato ha implementado el Programa Integral de Sustentabilidad Comunitaria (PISC) con el objetivo de utilizar energías renovables para mitigar gases de efecto invernadero (GEI) y, aunado a esto, atender las necesidades de comunidades con cierto grado de vulnerabilidad en el Estado. Desde el año 2015, dicho Programa implementa sistemas de captación de agua de lluvia con la finalidad de aprovechar dicho recurso natural. Esto, mediante la instalación de tuberías que dirigen el agua hacia una cisterna. Los sistemas mejoran la calidad de vida de los beneficiarios, pues los proveen de agua potable libre de contaminantes como metales pesados, los cuales pueden estar presentes en aguas de pozos y al mismo tiempo generan otros beneficios como por ejemplo la reducción de gastos económicos en acceso al recurso.

Con el fin de comprobar el impacto en materia de cambio climático del uso de estos sistemas, la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ) apoyó al Instituto de Ecología del Estado (IEE) de Guanajuato a realizar un monitoreo, reporte y evaluación del componente Sistemas de Captación de Agua de Lluvia del PISC y generar recomendaciones para darle continuidad al proyecto y lograr su replicabilidad considerando los beneficios comprobados de su uso.

El presente documento muestra las recomendaciones generadas para la correcta implementación de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia con énfasis en el estado de Guanajuato pero con potencial de replicar estas buenas prácticas en las entidades federativas de México.

2. Sistemas de captación de agua de lluvia muestreados

Número de sistemas instalados en las localidades muestreadas: 1263

Número de sistemas revisados: 302

Los 302 sistemas revisados estuvieron ubicados en 28 comunidades de 9 municipios, los cuales se describen en la Tabla 1.

Municipio / Localidad	Sistemas instalados	Sistemas evaluados	Porcentaje de sistemas no utilizados	Total de sistemas no utilizados	Porcentaje de sistemas utilizados	Total de sistemas utilizados
Doctor Mora	105	56	23	13	77	43
El Lindero	29	8	63	5	38	3

Municipio / Localidad	Sistemas instalados	Sistemas evaluados	Porcentaje de sistemas no utilizados	Total de sistemas no utilizados	Porcentaje de sistemas utilizados	Total de sistemas utilizados
Pena Rodada	56	48	17	8	83	40
Dolores Hidalgo	26	8	88	7	13	1
El Comederito	2	2	100	2	0	0
Río Laja	7	6	83	5	17	1
Irapuato	133	50	16	8	80	40
Comederito	45	16	13	2	81	13
El Garbanzo	34	15	7	1	87	13
Encino del Copal	54	19	26	5	74	14
Leon	65	6	50	3	50	3
Sauz Seco	14	6	50	3	50	3
Pénjamo	88	52	23	12	73	38
Coporitos	12	8	25	2	75	6
El Aguacate	12	10	20	2	60	6
El Tigre	12	8	13	1	88	7
El Volantin	14	5	20	1	80	4
Guanguitiro	14	11	9	1	91	10
La Caja de las Golondrinas	12	8	63	5	38	3
Xoconostle	12	2	0		100	2
Salamanca	20	8	100	8	0	0
Joyita de Villafana	10	6	100	6	0	0
La Ordenita	5	2	100	2	0	0
San Diego de la Union	117	50	42	21	56	28
Cóporo	68	22	27	6	73	16
El Barreno	49	18	39	7	56	10
Pozo Ademado	10	10	80	8	20	2
San Felipe	75	67	39	26	60	40
Altos de Ibarra	10	9	44	4	56	5
Canada de Leon	6	5	60	3	40	2
La Estanzuela	2	2	50	1	50	1
La Liebre/Rosario	10	8	88	7	13	1
San Jose de la Pena	56	37	27	10	70	26

Municipio / Localidad	Sistemas instalados	Sistemas evaluados	Porcentaje de sistemas no utilizados	Total de sistemas no utilizados	Porcentaje de sistemas utilizados	Total de sistemas utilizados
San Ramon	6	6	17	1	83	5
Silao	47	5	60	3	20	1
San Antonio Texas	26	5	60	3	20	1
Total general	1263	302	33	101	64	194

Tabla 1 Municipio o localidad, número de sistemas instalados y evaluados, número total y porcentaje de sistemas no utilizados y utilizados

En la Figura 1 se muestra el porcentaje de los 302 sistemas evaluados que están en uso y en desuso, de las cuales cinco encuestas fueron eliminadas por no completar los datos.

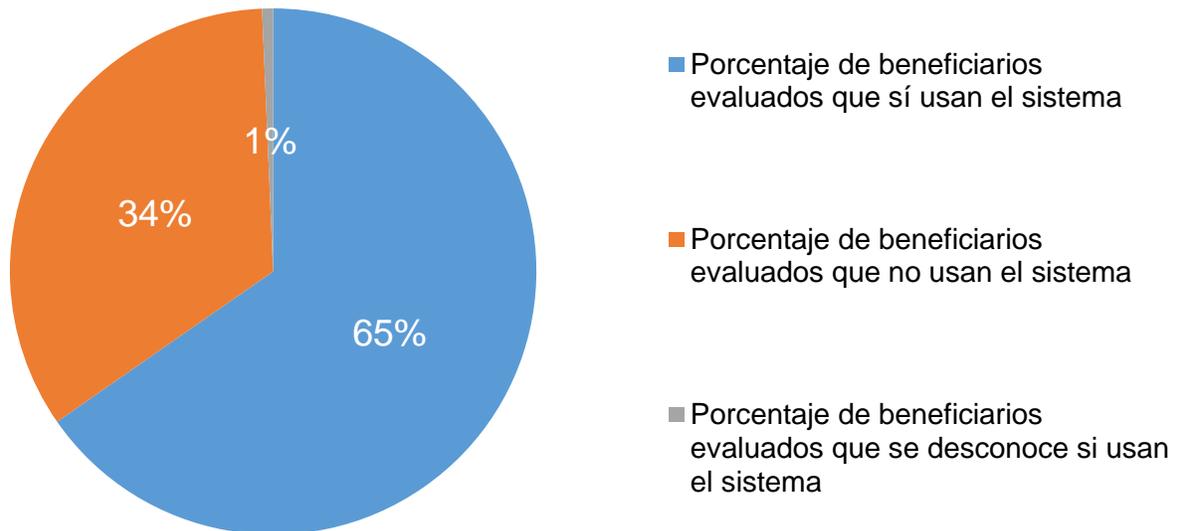


Figura 1. Porcentaje de los sistemas evaluados que están en uso y en desuso

3. Descripción técnica de los sistemas instalados

Los sistemas instalados cuentan con una cisterna tipo tinaco rotomoldeada de polietileno con capacidad de 5,000 litros (Fotografía 1). Se construyeron bases de material (concreto y piedra/block) para las cisternas (Fotografía 2). Se usó tubo de PVC de 4" de diámetro para la canalización y conducción del agua, con una cierta cantidad de tubo entregado por sistema, junto con conexiones básicas (codos, etc.) (Fotografía 3). En las casas con techos de lámina, se cortó una ranura en el tubo para convertirlo en canaleta (Fotografía 4). En muchos sistemas, el tubo de entrada a la cisterna solamente está recargado en la boca de la misma cisterna y las llaves de salida presentan fugas (Fotografía 5).



Fotografía 1. Sistemas completos

A la izquierda, sistema instalado en el 2015 en El Comedero, Irapuato.

Al centro, sistema instalado en el 2016 en Peña Rodada, Doctor Mora. A la derecha, sistema instalado en el 2017 en La Liebre, San Felipe.



Fotografía 2. Bases de tinaco

A la izquierda, base de piedra y concreto construida en el 2015 en El Barreno, San Diego de la Unión.

Al centro, base de piedra y concreto construida en el 2016 en El Aguacate, Pénjamo. A la derecha, base construida en el 2017 en San Antonio Texas, Silao.



Fotografía 3. Tubería utilizada.

A la izquierda, tubería utilizada en El Garbanzo, Irapuato. Al centro, tubería utilizada en Peña Rodada, Doctor Mora. A la derecha, tubería utilizada en Río Laja, Dolores Hidalgo.



Fotografía 4. Canaletas

A la izquierda, canaleta instalada en El Barreno, San Diego de la Unión.

Al centro, canaleta instalada en Peña Rodada, Doctor Mora. A la derecha, canaleta instalada en Pozo Ademado, San Diego de la Unión.



Fotografía 5. Posición de tubería y fuga en llave de tinaco

A la izquierda, tubo recargado en instalación evaluada en El Volantín, Pénjamo. A la derecha, fuga detectada en San José de la Peña, San Felipe.

Observaciones: Los sistemas no cuentan con ningún tipo de tratamiento. Carecen de filtros, separadores de primeras aguas y/o desinfección. Por lo mismo, el agua que producen no se debería de considerar para usos que requieran una calidad específica. No se recomendaría que se use el agua para beber, y su uso para cosas que implican contacto humano cercano, como bañarse o lavar trastes, también es cuestionable. El agua de sistemas de captación sin tratamiento alguno sería recomendable sólo para uso de riego y doméstico (baño, aseo de pisos, coches, u otras cosas que no requieran determinada calidad de agua).

4. Descripción de la implementación / ejecución de las instalaciones

Diferentes organizaciones han participado en la implementación de los sistemas, con diferentes resultados. La tabla 2 muestra el año de instalación, la empresa contratista y los municipios en donde se evaluó el programa.

Año	Contratista	Municipios
2015	SEMILLAS CON FUTURO, APRENDIZAJE QUE DA FRUTOS A.C.	San Diego de la Unión
2015	CENTRO DE ATENCION FORESTAL A.C	San Felipe
2015	CUERPOS DE CONSERVACION GUANAJUATO A.C.	Irapuato
2016	SALVAMOS AL RÍO LAJA AC	Doctor Mora
2016	CUERPOS DE CONSERVACIÓN GUANAJUATO AC	Pénjamo
2017	DISTRIBUCIONES JOFLOSA SA DE CV	Dolores Hidalgo, León, Salamanca, Silao

Tabla 2. Año de instalación, empresa contratista y municipios en donde se evaluaron los sistemas de captación de agua de lluvia

En algunas comunidades, la organización ejecutora (asociaciones civiles y distribuidora) realizó las instalaciones, mientras que en otras (como las del municipio de San Felipe, y en Cópore, municipio de San Diego de la Unión) los tinacos fueron entregados en puntos específicos para que cada familia se los llevara por sí sola a sus casas. En este último grupo, cada familia instaló por sí sola su sistema, por lo que hay mucha variación en calidades de trabajo, esto debido a que las familias, no recibieron una adecuada capacitación ni supervisión. En las demás comunidades, las organizaciones ejecutoras llevaron a cabo las instalaciones de los sistemas.

Las familias encuestadas comentaron que no recibieron capacitación ni socialización del proyecto. Por socialización, nos referimos a que no hubo una plática con los beneficiarios para hablar del proyecto, cosa que puede incluir diversas actividades y acciones, como juntas comunitarias en las cuales se plantea el trabajo a seguir, se explica a fondo el funcionamiento de los sistemas y se da el tiempo para la aclaración de dudas y preguntas. Idealmente, todo beneficiario debe atender a una junta de este tipo para entender realmente los objetivos del proyecto e inscribirse a él por propio interés. Cabe mencionar que el hecho de que nos hayan comentado que no hubo socialización ni capacitación no necesariamente significa que no hubo algún esfuerzo por explicar a las familias la manera de usar los sistemas. Algunas y algunos beneficiarios indicaron que la empresa CENTRO DE ATENCION FORESTAL A.C., en el municipio de San Felipe, instaló un sistema e invitó a las familias a que lo vieran, para así entender cómo instalar los suyos. Esta es una buena práctica que deberían establecer el resto de las empresas, aunada a una capacitación periódica para evitar que las familias olviden la información.

Hasta donde pudimos observar, no hubo una selección de beneficiarios basada en criterios claros, como, por ejemplo, que carecieran de conexión a una red de agua potable, con la excepción de la comunidad de El Garbanzo, donde no hay red de agua.

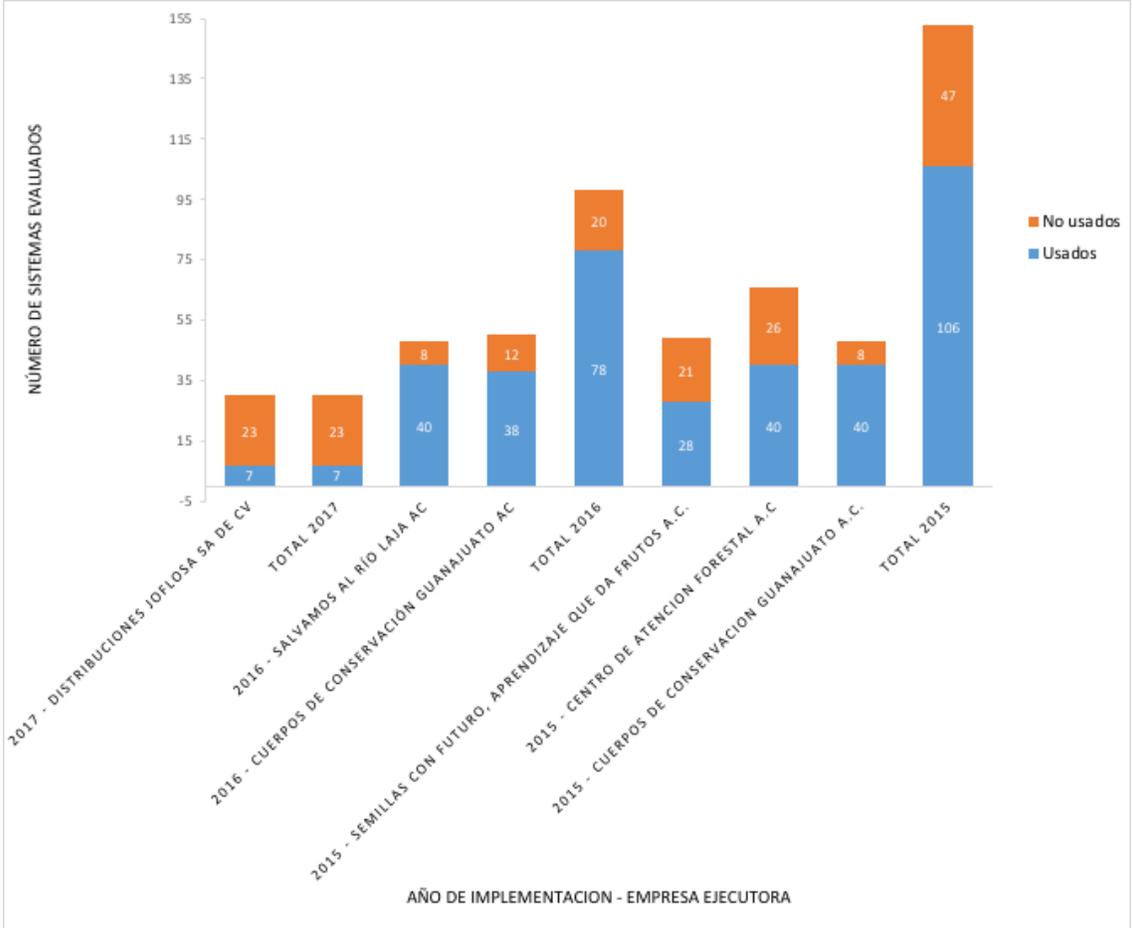


Figura 2. Número de sistemas usados y no usados según el año de implementación del programa y la empresa ejecutora.

Nota: La diferencia entre los números que se observan en las figuras 1 y 2, y los números que se aprecian en las encuestas se deben a que las encuestas muestran los niveles de uso de los sistemas reportados, mientras que las figuras muestran lo observado directamente en campo. Estas observaciones se basan en la detección de detalles como que el sistema esté por completo desconectado, que los tubos se hayan caído en algún punto de su recorrido, que el tanque no tenga tapón o llave en la salida (y por lo tanto no se pueda llenar), o demás indicadores del estilo, que físicamente prevendrían que el sistema pueda estar en uso. Sin embargo, en algunos casos este tipo de problema se arregla por la familia cuando comienzan las lluvias (el muestreo se realizó durante la temporada de estiaje), por lo que resultan sí siendo usados algunos de estos sistemas. El número real de uso de los sistemas será entre las cifras reportadas en las encuestas, y las que observamos directamente.

5. Aspectos que podrían ser mejorados

Al momento de realizar el muestreo se detectaron distintos aspectos que ocasionan un uso ineficiente de los sistemas de captación de agua de lluvia, los cuales se pueden clasificar de la siguiente manera:

5.1. Recepción de los sistemas

Se detectaron dos problemas principales al momento de realizar la entrega de los sistemas a los beneficiarios:

- Varios tinacos fueron entregados incompletos, por ejemplo: sin tapa y/o sin llave.
- En varios casos la cantidad de tubo entregado fue insuficiente para completar la instalación, por lo que hay tanques desconectados y líneas de conducción que terminan repentinamente antes de llegar al tinaco.

5.2. Diseño e instalación de los sistemas

Se detectaron varios problemas en el momento de diseño e instalación de los sistemas:

- Las canaletas, hechas con tubo de PVC cortado, están (en muchos casos) muy mal instaladas, ya que están sujetadas a los techos de forma muy precaria con pedazos de alambre recocado y ya oxidado, están flojas y varias se han caído o se pueden caer fácilmente (Fotografías 3 y 4).
- Las canaletas no tienen tapones en los extremos, por lo que el agua cae sin entrar a los tubos de conducción (Fotografía 4).
- Varias canaletas no tienen pendiente, y otras que sí la tienen están muy despegadas de la caída del techo, por lo que el agua puede caer fuera de ellas. En las casas cuyo techo es de losa de concreto, adaptaron al sistema las bajantes existentes (Fotografía 3). En algunos casos, se puso la canaleta debajo de dichos bajantes, pero sin conexiones entre ellas y el agua puede caer fuera de la entrada a la canaleta.
- No se usó teflón para la llave de la cisterna por lo que muchas cisternas fugan en el punto de salida.
- En varios casos sólo se agarraron bajantes de la parte más fácil del techo, por lo que hay mucha área de techo que no se está aprovechando en absoluto.
- En la mayoría de los casos, el bajante de agua ingresa al tinaco sólo por estar sobrepuesto el tubo sobre la entrada abierta. En estos casos no se puede poner la tapa al tanque y éste queda abierto a los elementos. En algunos casos se hizo un hoyo al tinaco para meter el tubo por allí, cosa que está mejor, aunque los hoyos no están hechos a medida del tubo y tienen huecos y espacios alrededor.

- Hay varias cisternas colocadas en sitios incómodos o mal pensados. Vimos tanques colocados dentro de encierros para animales que están rodeados y cubiertos con estiércol.
- Los tubos de conducción en general están sujetos de forma muy precaria con alambres recocidos, están flojos y fáciles de mover o sacudir. Hay varios sistemas donde los tubos hacen recorridos largos horizontales sin postes de apoyo, por lo que cuelgan. Algunos ya se han caído, y otros se pueden caer fácilmente.

5.3. Compra de los sistemas

El costo de mercado de los materiales que requiere un sistema de captación de agua de lluvia que incluye un tanque de 5,000 litros con 12m de tubo PVC de 4" y el material necesario para construir una base semejante no debería exceder los \$10,000 pesos. Se recomienda evaluar si lo que se pagó por los sistemas es un monto justo, ya considerando la mano de obra, fletes, coordinación, y trabajo social.

6. Factores de éxito encontrados

Las bases de las cisternas por lo general estaban bien hechas, aunque en la comunidad de El Barreno, municipio. San Diego y en San Antonio Texas, municipio. Silao, esto no fue el caso y vimos varios problemas. Algunas casas no tenían base o estaban mal aplanadas.

7. Notas / observaciones particulares

- En la comunidad de El Barreno (municipio. San Diego de la Unión) hubo tensión cuando llegó nuestro equipo encuestador porque un par de semanas antes habían llegado unas personas diciendo que iban a hacer encuestas y lo que hicieron fue intentar robarse unos caballos. No pasó a más, pero recomendamos tener cuidado con estas posibilidades ya que pueden resultar en agresiones.
- En la comunidad de San José de la Peña, municipio. de San Felipe, comentaron los beneficiarios que existe una veda estricta contra cortar leña, pero la gente es propensa a involucrarse en mecanismos de corrupción con el municipio para continuar con la tala, e indicaron que solamente personas que participan en esos mecanismos fueron beneficiadas con los sistemas de captación.

8. Consideraciones para el diseño de proyectos de captación en Guanajuato

8.1. Consideraciones iniciales

A partir de todo lo visto y estudiado, consideramos que sí tiene sentido continuar implementando proyectos de captación de lluvia en el estado de Guanajuato, pero con ciertos cambios en su enfoque e implementación.

El estado de Guanajuato está en una situación de probable agravamiento en cuanto a su problemática de agua. Las tendencias de cambio climático señalan más calor y peores sequías, y esto afectaría la disponibilidad de agua en general, conforme aumenta la evaporación y se reducen los flujos de recarga de las aguas subterráneas.

Esto da gran relevancia a construir infraestructura para la resiliencia hídrica y el aprovechamiento eficiente del agua disponible. Recomendamos ampliamente explorar la captación de lluvia en términos generales, no sólo la captación con techos, sino también para recarga, mediante la restauración, cuidado y manejo de bosques y ecosistemas que promueven la absorción, y el uso de diversas técnicas que aumentan retención e infiltración. También recomendamos fuertemente la adopción de tecnologías y prácticas para el uso eficiente del agua en todo sector: doméstico, agrícola, industrial y comercial.

La captación de lluvia con techos entra dentro de todo esto pues facilita un aprovechamiento eficiente de la fuente de agua más local y provee a las viviendas un suplemento de agua que no tiene que ser extraída de las fuentes comunes. Representa también una forma de colocar puntos de acceso de agua en los lugares que, por diferentes razones, resultan más problemáticas para atender con redes de agua potable, o donde el agua de pozo está contaminada.

8.2. Consideraciones de viabilidad del costo-beneficio vs la red de agua potable

Cuando hay una concentración de viviendas en un sitio geográficamente adecuado, una red será la forma más eficiente de abastecer agua, tanto en términos económicos, cómo en cuanto a las emisiones y el costo energético involucrado en su implementación. En teoría, una red de agua evita la necesidad de que las viviendas tengan que contar con almacenamiento, y esto significa que no se tiene que gastar energía y materiales en fabricar tanques para cada casa. Si el pozo no es muy profundo, y las casas están dispuestas de tal forma que la red pueda aprovechar la fuerza de gravedad para transportar el agua hasta ellas, una red de agua probablemente será la opción que menos dinero y emisiones implique por litro.

La captación de lluvia, en cambio, suele implicar un mayor costo económico inicial, y requiere de un tanque y otros componentes que implicarán cierta cantidad de emisiones generadas en su producción y transporte, pero posteriormente darán agua básicamente libre de externalidades ambientales y costos económicos. Para lograr que los proyectos

de captación de agua de lluvia sean redituables, es necesario que los sistemas en verdad se usen y aprovechen a largo plazo. Por lo tanto, un programa de captación de lluvia debe enfocarse fundamentalmente en lograr la real adopción y uso de los sistemas.

Un buen programa se debe dirigir a los sitios que, por cualquier razón, no permiten una red de agua que funcione como es debido. En muchísimos casos en México, por ejemplo, las redes de agua funcionan de forma intermitente o por tandeos. En esos casos, la gente sí necesita de tanques de almacenamiento y la ventaja que tiene la red sobre la captación de lluvia se ve reducida. Cuando hay una red intermitente, la captación de lluvia vuelve a ser una opción potencial, especialmente si el tandeo es poco frecuente, o se sufren recortes prolongados.

De forma puntual, la captación se deberá enfocar a lugares que no tengan red, que usen pipas (que son la forma menos ecológica de abastecer agua), y/o que sí tengan red, pero tengan un servicio muy deficiente. De igual importancia, la implementación deberá diseñar y ejecutarse con seria atención y con recursos dirigidos a lograr la adopción y buen uso. Si no se cumplen estas condiciones, es probable que el proyecto en realidad no tenga un valor suficiente para justificarse en términos ambientales o económicos.

8.3. Consideraciones de beneficios en calidad de agua

En el caso de Guanajuato, entra en juego un factor particular que tiene mucha relevancia en cuanto a la captación de lluvia: la presencia, en buena parte del estado, de arsénico y flúor en el agua de los pozos. El problema de calidad de agua en el estado repercute seriamente en la salud pública. El arsénico y el flúor están presentes de forma natural en el agua subterránea de la región, y los tratamientos convencionales para potabilizar agua generalmente no los eliminan. Su consumo causa serios problemas crónicos a largo plazo, ampliamente documentados, que varían desde padecimientos óseos hasta problemas de desarrollo y aprendizaje en niñas y niños. (Ortega-Guerrero, 2009).

La captación de lluvia ofrece una fuente de agua libre de estos elementos, y su potabilización para consumo humano es relativamente sencilla de lograr. Por lo tanto, tiene sentido explorar la captación de lluvia como fuente potencial de agua para consumo humano en Guanajuato, particularmente donde se sepa que hay mayores problemas de salud asociados a la calidad del agua.

8.4. Consideraciones de beneficio económico para los usuarios

El uso de captación de lluvia para consumo humano implica otro beneficio importante: el costo del agua que se está desplazando. Cada fuente de agua implicará un cierto costo económico por litro entregado. La red, si la hay, generalmente tendrá el costo más bajo por litro y también proveerá el mayor caudal. Las pipas tendrán un costo mucho más elevado que la red, y normalmente representarán un porcentaje menor del consumo de una comunidad. Los garrafones, por último, tendrán el mayor costo por litro, y se usarán

para cubrir sólo el agua para beber y cocinar, siendo la parte más pequeña del consumo total.

En la Tabla 3, podemos observar los volúmenes y los límites inferiores (LI) y límites superiores (LS) de agua consumida al año por las comunidades analizadas en este estudio según diferentes fuentes. Lo cual representa un gran uso del recurso y un importante gasto ambiental y económico para obtenerlo. Cabe resaltar que los sistemas captaron aproximadamente 15,000 m³ de agua en las comunidades analizadas, entre el 2015 y el 2017.

m ³	LI Bene. 2015-2016	Bene. 2015-2016	LS Bene. 2015-2016	LI Bene. 2015-2017	Bene. 2015-2017	LS Bene. 2015-2017
Pipa	3,496	4,112	4,729	5,319	6,257	7,196
Red	52,111	61,307	70,503	96,599	113,646	130,692
Botella	335	395	454	543	639	734
Captador	7,307	8,596	9,886	12,825	15,088	17,351
TOTAL m³	63,249	74,410	85,572	115,285	135,629	155,973

Tabla 3. Cantidad de agua consumida al año por fuente por los beneficiarios del Programa Integral de Sustentabilidad Comunitaria

Fuente: Elaboración propia, 2018. LI=Límite Inferior, LS=Límite Superior

El volumen de agua captado resulta un importante beneficio económico, ya que, según nuestros cálculos, el valor monetario equivalente por metro cúbico de agua de red, de pipa y de garrafón, es de \$9, \$190 y \$890, respectivamente.

La tabla 4 muestra el valor aproximado del volumen de agua usado en las comunidades analizadas, según el tipo de fuente:

Pesos Mexicano/Año*	Beneficiarios 2015-2016			Beneficiarios 2015-2017		
	LI	PROMEDIO	LS	LI	PROMEDIO	LS
Pipa	\$1,386,707	\$1,631,420	\$1,876,133	\$2,433,847	\$2,863,350	\$3,292,852
Botellones	\$6,503,157	\$7,650,773	\$8,798,389	\$11,413,870	\$13,428,082	\$15,442,295
Red pública	\$40,645	\$47,817	\$54,990	\$99,761	\$117,366	\$134,971

Tabla 4. Costo del volumen equivalente al agua que se captó, según tipo de fuente

* Estos montos no pueden ser adicionados para las tres formas de acceso al recurso hídrico.

Fuente: Elaboración propia, 2018

Se puede observar la enorme diferencia de valores que se podrían obtener según qué fuente de agua está siendo reemplazada por la lluvia. Con los sistemas actuales, el agua está suplementando y/o desplazando agua de la red y de las pipas, ya que los sistemas

no están diseñados para brindar agua para beber, pero tampoco está optimizado el proyecto actual para maximizar el desplazamiento de pipas, ya que se instaló mayoritariamente en viviendas que sí cuentan con conexión a la red.

Si se procura que los sistemas se coloquen en casas que dependen más de pipas, la propuesta de valor del proyecto será mejor que si se ponen en casas que cuentan con agua de la red, y la diferencia no es trivial: \$2.8 millones de pesos contra \$117 mil, en valor equivalente. Podemos ir aún más allá y considerar diseñar los sistemas para brindar agua para consumo. En ese caso, la propuesta de valor sería mucho mayor, a pesar de que el costo de los sistemas sería más elevado.

9. Recomendaciones para la sostenibilidad del proyecto

Se derivan dos posibilidades para aumentar la propuesta de valor del proyecto:

1. Instalar sistemas para desplazar pipas, que puede hacerse con un sistema de captación bastante sencillo, y sólo requiere un esfuerzo por identificar beneficiarias y beneficiarios que no cuentan con conexión a la red, o por cualquier razón usen muchas pipas.
2. Instalar sistemas un poco más sofisticados, pero capaces de desplazar agua de garrafones, en cuyo caso el ahorro a las familias sería mucho mayor, y podría usarse para atender el problema del arsénico y flúor.

La implementación ideal del programa probablemente combinaría ambas opciones, dirigiendo el esfuerzo a instalar sistemas capaces de dar agua para consumo humano en lugares con problemas ocasionados por la calidad del agua, y a la vez buscando hacerlo, hasta donde sea posible, en viviendas que no tienen conexión a la red.

Entendiendo todos los factores aquí discutidos, junto con las observaciones que tuvimos de los sistemas instalados previamente, podemos buscar las aplicaciones óptimas para un programa de captación de lluvia, y derivar una serie de recomendaciones puntuales.

Recomendación 1: Instalar los sistemas de captación en las comunidades que tengan el peor servicio de agua, donde más se usen pipas, donde más caro sea el abasto, y/o donde tengan mayores problemas de calidad en el agua de consumo humano.

Esto maximizará el impacto de los sistemas en términos económicos, ambientales, sociales, y de salud. También facilitará mucho la adopción de los mismos sistemas, ya que la escasez de agua es el factor que más contribuye a que la gente en verdad use sistemas de captación.

Recomendación 2: Instalar sistemas para que duren y se usen de forma permanente.

La calidad de materiales e instalación de los sistemas afectará mucho que el proyecto sea exitoso. Cualquier falla de instalación o componente que genere una mala

primera experiencia con la captación de lluvia vuelve más probable el abandono, mismo que resulta difícil de revertir después. Hay que cuidar la calidad de la instalación con el mismo rigor que la calidad de los componentes.

Recomendación 3: Diseñar los programas para que cuenten con una dimensión robusta de socialización, capacitación y educación.

Recomendamos que se lleven a cabo juntas comunitarias donde se explique bien el proyecto y el funcionamiento de los sistemas, y que sea requisito para las y los beneficiarios asistir. Las pláticas comunitarias deben ser bien diseñadas para ser muy claras, explicar honestamente los beneficios de los sistemas, explicar bien el funcionamiento y mantenimiento de los sistemas, y debe dar espacio para que la gente pregunte y asimile la información.

Recomendamos por lo menos dos, e idealmente tres capacitaciones por familia: una en la junta comunitaria (donde se explica cómo funciona el sistema usando láminas, videos, modelos, o etc.), otra al recibir su sistema (donde puedan verlo ya en físico y con su propio sistema), e idealmente, una tercera posteriormente, cuando haya comenzado la primera temporada de lluvias después de haberse instalado el sistema (aquí se refuerza la información y se aclaran las dudas que hayan surgido ya empezando a usar el equipo).

Todo trabajo adicional que se pueda hacer es bueno: talleres sobre el agua y la captación de lluvia, el uso de teatro o proyecciones de cine, o cualquier cosa que detone la reflexión y discusión sobre el agua y la captación pluvial. Se puede lograr la socialización del proyecto de distintas maneras, mientras consigan este proceso de reflexión y entendimiento. No tiene que ser la misma empresa/asociación implementadora de los sistemas quien haga la socialización y trabajo comunitario. Se puede trabajar con otra organización más especializada en procesos comunitarios y/o educativos, pero quienes sean implementadores de los sistemas y quienes trabajen activamente en la comunidad deben también sumarse al fortalecimiento del proyecto, coordinar su trabajo, y asumir la misión compartida de lograr que los sistemas se instalen y se adopten. Un ejemplo interesante de una Asociación Civil que ha trabajado acompañamiento a la implementación de ecotecnias (incluyendo varios proyectos con Isla Urbana) es ConcentrArte AC.

Recomendación 4: Considerar sistemas para agua potable

Se pueden diseñar sistemas de captación para proveer agua de cualquier calidad. Entre menos calidad se requiera, se puede usar un sistema más sencillo, y, por lo tanto, más barato. Sin embargo, la diferencia entre los costos de un sistema para agua potable contra los costos de un sistema para agua para uso doméstico no potable no necesariamente es tanta.

Por ejemplo, un filtro purificador de agua para beber reconocido es el ecofiltro, este cuesta entre \$1,200 y \$2800, aproximadamente, según si el filtro va en un contenedor de metal, o uno de plástico (ambos funcionan igual solo que el de metal es más estético). En

Guanajuato existe una organización llamada Caminos del Agua que hace filtros más o menos similares en funcionamiento y más económicos.

Para hacer sistemas de captación para agua para consumo, se recomienda tomar como primer criterio de instalación y requisito absoluto que las casas tengan techos en buen estado. Dicho sistema debería incluir los siguientes componentes:

- Canaleta en acero galvanizado (de ser posible).
- Separador de primeras aguas que te separe por lo menos un litro por metro cuadrado de techo, en techos muy buenos, cómo lámina galvanizada y, en techos menos ideales, hasta dos litros por metro cuadrado.
- Filtro de malla.
- Reductor de turbulencia.
- Dispositivo para clorar el agua o clorador
- Cisterna de 5,000 litros de capacidad.
- Manguera con llave de salida.
- Tubería de PVC de dos o tres pulgadas, según el tamaño del techo.

Estos componentes, más los materiales y consumibles necesarios (alambre, algunos blocks, etc) tiene un costo aproximado de 15 mil pesos. La instalación de sistemas con estas características tendría un costo aproximado de 2,500 pesos por sistema.

Cabe mencionar que la recomendación citada es sólo uno de los distintos posibles diseños viables, pero en todo caso, instalar un sistema de captación bien hecho, con una cisterna de 5,000 litros, y con componentes efectivos para un tratamiento adecuado del agua, debería de costar entre 16 mil y 19 mil pesos, incluyendo mano de obra, y entre 18 mil y 21 mil pesos la purificación de agua para consumo.

Recomendación 5: Mano de obra

La mala calidad en la mano de obra es un problema muy común en México, y es uno de los riesgos más importantes del éxito de este tipo de proyectos. Recomendamos cuidar mucho este tema en el diseño del programa, y en la contratación y supervisión de cualquier organización ejecutora.

De ser posible, recomendamos contratar empresas u organizaciones con experiencia demostrable en la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia o trabajos afines que impliquen plomería y albañilería y que puedan demostrar que trabajan con profesionalismo y calidad.

Si dicha organización no tiene experiencia instalando sistemas de captación, recomendamos exigir que se capaciten para hacerlo.

Recomendamos integrar un elemento de inspección y supervisión, con un/a persona bien capacitada que revise las instalaciones. Ésta no debe esperar a que se terminen las instalaciones para hacer su inspección. La organización ejecutora deberá instalar entre 5 y 10 sistemas, y sólo cuando éstos hayan sido inspeccionados, sus errores señalados, y se hayan hecho las correcciones necesarias, se le permitirá continuar instalando. De ser posible, parte del pago al ejecutor será retenido hasta que sus instalaciones hayan sido revisadas y hayan pasado control de calidad.

Además recomendamos tener una lista concreta de todos los puntos que se espera sean cuidados, al grado de detalle de aclarar cuánta distancia debe haber entre puntos de sujeción de un tubo, que los amarres sean con alambre galvanizado vs recocado, que las canaletas tengan pendiente y estén firmemente sujetadas.

Recomendación 6: Integrar mecanismos de seguimiento y evaluación al programa

Se recomienda incluir al menos una visita de seguimiento a cada casa (o a un grupo representativo si esto no es posible), un año después de la ejecución, para analizar y aprender de la experiencia. Idealmente, esto se haría por una persona u organización distinta al ejecutor, aunque pueden darse excepciones. El seguimiento informará sobre el éxito real del proyecto, ayudará a determinar si merece ser continuado o expandido, si se debe redirigir a ciertas zonas específicas.

De manera específica se recomienda establecer los indicadores de éxito de forma muy explícita, y definir cuales impactos quisieran observar, desde antes de empezar. Los conceptos mínimos que deben ser identificados al momento del monitoreo son:

- ¿como “el sistema está en uso”?
- ¿“el abasto de agua en la vivienda aumentó significativamente”?
- ¿la familia usa el agua para beber (en su caso)”?
- ¿“se ha reducido la compra de pipas/garrafones”?.

A estos puntos se les deberán asignar identificadores claros. Antes de comenzar a implementar las instalaciones, se obtendrán datos base que correspondan a los indicadores de interés, por ejemplo, ¿cuántos garrafones compran?, ¿de donde se abastecen de agua actualmente?, aproximadamente con ¿cuánta agua disponen?, etc. Estos datos se pueden levantar como parte del proceso de inscripción de los beneficiarios, o incluso a la hora de instalar su sistema.

Posterior a la instalación, y ya entrada la temporada de lluvias, se puede empezar a evaluar. Para esto hay que regresar a por lo menos una selección representativa de las casas y ver el estado de los indicadores. Algunos se podrán observar directamente por quien realice el seguimiento, por ejemplo, si el sistema está conectado se puede generalmente reconocer si está o no en uso. Otros requerirán hacer preguntas a la familia, para lo cual hay que diseñar una entrevista, y pedir a los beneficiarios honestidad en sus respuestas, asegurándoles que no habrá consecuencias negativas si hablan mal del sistema o el programa, o admiten no usarlo, al contrario, se les debe invitar a ofrecer

sus críticas. En el Anexo 1 se describen la serie de preguntas propuestas a realizar para el monitoreo de los sistemas.

El trabajo de evaluación puede ahondar a profundidad en la medición detallada de los impactos, pero frecuentemente hacerlo no es viable por falta de recursos o personal capacitado. Sin embargo, la evaluación no tiene que ir a tanto detalle para ser valiosa. El primer objetivo es simplemente ver si en efecto los sistemas que se instalaron están funcionando bien, si las familias los usan y están contentas, y si se están logrando metas adicionales, como que usen el agua para beber y reemplazar garrafrones, por ejemplo. Frecuentemente una evaluación simple y limitada, pero muy clara, es todo lo necesario para ver si el programa está resultando exitoso.

10. Recomendaciones de conceptos técnicos básicos que deberán tomarse en cuenta

La contaminación presente en los escurrimientos pluviales de los techos cae bajo tres categorías: elementos físicos, químicos, y microbiológicos. Un sistema de captación deberá contar con elementos diseñados para eliminar o evitar ingreso de contaminantes en las tres categorías.

Para procurar esto hay que considerar todo el recorrido del agua, desde su primer contacto con la casa.

Techo (área de captación): El techo del inmueble que capta agua de lluvia se convierte en parte del sistema en sí ya que es el primer punto de contacto del agua precipitada y representa generalmente la mayor fuente de elementos indeseables. Para evitar problemas, el techo debe estar construido de un material no tóxico, liso y debe permanecer lo más limpio posible.

- Se recomienda usar techos de losa de concreto, lámina de metal, acrílico, policarbonato, o similar, que estén limpios y despejados, y que no tengan árboles directamente encima.
- No se deberán utilizar techos de lámina de cartón, techos muy sucios o en mal estado, techos que se usen para guardar cosas, o que tengan animales o macetas.

Filtros de malla: El agua que recorre del techo hacia el sistema deberá pasar por uno o más filtros de malla para evitar el ingreso de sólidos. Eliminar sólidos mejora las características físico-químicas del agua, y también las microbiológicas ya que muchas bacterias se encuentran sujetadas a partículas de polvo o tierra, y toda materia orgánica que ingrese en la cisterna introduce nutrientes que pueden favorecer el crecimiento de bacterias.

- Los sistemas deberán contar con uno o más filtros de malla para evitar el ingreso de basura, hojas, y otros elementos relativamente grandes.

Separación de Primeras Aguas: La separación de primeras aguas (conocido como First-Flush en inglés) consiste en desviar y evitar ingreso al tanque del primer volumen de agua

que cae en cada aguacero. Esto importa ya que la contaminación que se encuentra en el aire o depositada sobre el techo es disuelta o arrastrada por la misma lluvia, y el escurrimiento por lo tanto suele contener mucho más altas concentraciones de contaminantes durante los primeros minutos de un aguacero (Mason, Ulrich, & Sigg, 1999)

La mejora en la calidad de agua de lluvia captada que se obtiene mediante el uso de separación de primeras aguas se ha estudiado y documentado en todo el mundo (Zobrist, y otros, 2000), (Yaziz, Gunting, Sapari, & Ghazalia, 1989), (Martinson & Thomas, Quantifying the First Flush Phenomenon, 2005). Consiste en desviar el agua más contaminada en su totalidad, evitando que jamás ingrese al tanque, la separación de primeras aguas reduce contaminantes en todos los parámetros: físicos, químicos y microbiológicos (Martinson, Improving the Viabilities of Rooftop Harvesting in Low Income Countries, 2007).

El efecto mayor de separación de primeras aguas generalmente se da en los primeros 2mm de lluvia, y es recomendable separar esa cantidad si los aguaceros llegan a caer con varios días secos de por medio (Zinder, Schuman, & Waldvogel, 1989). Los mismos estudios recomiendan que, siguiendo un periodo largo sin precipitación, se desvíe en su totalidad uno o más aguaceros cuando comience la temporada húmeda, por lo que un sistema deberá contar con un mecanismo fácil de usar que permita dicho desvío completo del caudal.

- Los sistemas de captación deberán contemplar un mecanismo para la separación de primeras aguas previo al ingreso del agua a la cisterna o tanque de almacenamiento.
- Dicho separador deberá permitir desviar hasta 2mm de precipitación por aguacero (cosa que se traduce a 2 litros por metro cuadrado de techo) en casos donde haya más contaminación, o de 1mm en sitios más limpios. En contextos rurales, si se cuenta con techos de buena calidad, 1mm ($1\text{lt}/\text{m}^2$) o incluso menos será suficiente.
- Los sistemas deberán contar con una llave o mecanismo práctico para el desvío completo del agua, permitiendo desechar los primeros aguaceros de la temporada.
- Después de cada aguacero, el separador de primeras aguas se tiene que vaciar para permitir que vuelva a cumplir su función la próxima vez que llueva. Se recomienda que los sistemas de separación tengan un drenado automático, ya que sistemas que requieren de una persona físicamente presente no funcionarán cuando la familia no esté en casa, o si se les olvida.

Sedimentación: La sedimentación o precipitación de elementos suspendidos, es una forma efectiva de reducir significativamente la carga de contaminantes pesados, incluyendo diversos metales (Gumbs & Dierberg, 1985) (Olem & Berthouex, 1989), (Sharpe & Young, 1982), (Thomas & Martison, 2007). La sedimentación puede hacerse antes del tanque de almacenamiento (con una cámara de sedimentación especial), o se puede lograr efectivamente dentro del tanque en sí. El sedimentador debe permitir un tiempo de retención de por lo menos 24 horas para que pueda precipitar las partículas.

Bajo estas condiciones, la sedimentación puede lograr una marcada reducción en turbiedad del agua así como de partículas en general (Ariyananda, 2005) (Bannister, Westwood, & McNeill, 1997) (Handia, 2005) (Simmons, V., Lewis, Whitmore, & Gao, 2001).

Por lejos, lo más conveniente es usar la misma cisterna como cámara de sedimentación, cosa que se puede lograr simplemente asegurando que el ingreso de agua al contenedor sea calmado, evitando que se revuelvan los sedimentos previamente depositados en el fondo. Esto se puede lograr de diversas formas, simplemente contemplando evitar que el agua genere turbulencias en el fondo del tanque. Adicionalmente, si el ingreso es en la parte inferior del tanque, se evita revolver el agua de mejor calidad que se encuentra en la parte superior (Martinson & Thomas, *Improving Water Quality by Design*, 2003) (Martinson & Thomas, *Quantifying the First Flush Phenomenon*, 2005). La forma más sencilla de lograr todo esto es que el tubo de ingreso baje hasta piso del tanque, y allí se volteé hacia arriba para que el agua nunca pegue directamente el fondo.

La sedimentación resulta en una peor calidad de agua hacia el fondo del tanque vs la parte superior. Esto es especialmente notable en cuanto a metales pesados que sedimentan efectiva y rápidamente al fondo (Peters, Weidner, & Howley, 2008). Por lo tanto, la forma de extracción del agua del tanque es relevante. Agua tomada del fondo del tanque generalmente tendrá peor calidad de la que se extrae de más arriba, por lo que un mecanismo flotante que permita extraer agua siempre de la parte superior del contenido del tanque es recomendable (Abbasi & Abassi, 2011).

- Se recomienda que los sistemas de captación contemplen la sedimentación como una etapa de tratamiento. Dicha etapa puede lograrse en el mismo tanque, o con un tanque de sedimentación separado.
- El tanque de sedimentación, ya sea la misma cisterna o un tanque aparte, deberá contar con un ingreso que evite revolver material ya sedimentado en el fondo.
- La salida del tanque de sedimentación, deberán contemplar un sistema para que la extracción del agua se de en la parte superior del contenido y no del fondo.
- El tanque de sedimentación, en caso de ser aparte de la cisterna, deberá tener un volumen suficiente para permitir mínimo 24 horas de tiempo de retención entre el ingreso de un volumen de agua y su extracción.

Desinfección: El mayor riesgo a la salud presentado por un sistema de captación frecuentemente no es físico-químico sino microbiológico. El área de captación, en este caso el techo, es amplio y está abierto a los elementos, por lo que bacterias y microorganismos de muchos tipos se llegan a depositar en él. Múltiples estudios a nivel mundial muestran que, aunque el agua cumpla con estándares físico-químicos de calidad, frecuentemente presenta bacterias que podrían representar un riesgo a la salud, especialmente si el agua se usa para beber (Abbasi & Abassi, 2011) (Ahmed, Vieritz, Gardner, & Goonetilleke, 2009) (Fujioka & Chin, *The Microbial Quality of Cistern Waters in the Tantalus Area of Honolulu*, 1987) (Fujioka & Inserra, *The Bacterial Content of Cistern*

Waters in Hawaii, 1991), (Gould, Nissen, & Peterson, 1999), (Haeber & Waller, 1987). La posible presencia de microorganismos patogénicos (que producen enfermedades) exige que los sistemas de captación contemplen uno o más elementos de desinfección.

- Se recomienda que los sistemas cuenten con algún sistema de desinfección, entre los cuales pueden estar incluidos: Cloración, Plata coloidal o iónica, ozono, Luz UV, o cualquier otro elemento o mecanismo reconocido y efectivo, sin embargo, en contextos rurales lo más práctico suele ser el cloro.
- La cloración en el tanque ayuda a evitar la proliferación de bacterias, pero lograr su eliminación total requeriría que las y los beneficiarios apliquen el cloro de forma correcta y regular, cosa que raramente sucede. Por lo tanto, si la intención de los sistemas es proveer agua para beber, se recomienda fuertemente usar filtros potabilizadores para dar un tratamiento final únicamente al agua que se usará para beber.

Filtración: Si aplicamos todas las recomendaciones anteriores: tener un techo limpio, filtrar partículas grandes, separar suficientemente los primeros volúmenes de agua, permitir y facilitar la sedimentación, y desinfectar el agua, podemos obtener agua de alta calidad. No debería ser necesaria la filtración adicional para usos de contacto humano como bañarse, o incluso lavar trastes. Sin embargo, se recomienda fuertemente integrar un filtro de última etapa para el agua que se pretenda beber. Éste filtro puede ser de diversos tipos, pero recomendamos que tenga carbón activado y plata coloidal para eliminar una gama de potenciales contaminantes y matar bacterias.

La tabla 5 se muestra un listado de los criterios técnicos mínimos indispensables para el diseño de los sistemas que el desarrollador del proyecto debe solicitar a la empresa ganadora

Uso del agua	Componente	Especificación
Uso no humano (W.C., Riego, Aseo de pisos y etc). Figura 3	Techo	El techo de la casa deberá ser de Losa, lamina de metal, fibrocemento, acrílico, o policarbonato. No Cartón. Deberá estar despejado y limpio
	Canalización (canaleta o hilada de tabique)	En losa, el agua se canaliza con una hilada de tabiques al ras del techo con disparos de tubo. En lámina, el agua se canaliza con canaleta, de preferencia galvanizada. La canaleta debe quedar sujeta firmemente al techo y presentar al menos 1% de pendiente hacia el bajante. La canaleta debe quedar bien alineada para que toda el agua caiga en ella. Se deberá canalizar la mayor área de techo que se pueda, hasta un máximo de 120 m ²
	Conducción	La conducción será en tubería y conexiones de PVC o polipropileno. Casas de menos de 50 m ² pueden ir en 2", y casas de entre 50 y 120 m ² pueden ir en 3". Toda casa es diferente, y se deberá poner el material necesario para conectar todo el sistema en cada casa, dentro de lo razonable. Toda la tubería deberá estar firmemente sujeta a muros o postes a lo largo de su

Uso del agua	Componente	Especificación
		recorrido, con al menos un amarre cada 1.5m. Todo recorrido horizontal debe mantener una pendiente de por lo menos 1%. Los amarres deberán hacerse con doble alambre galvanizado o abrazaderas.
	Filtro de malla	Se deberá integrar un filtro de malla, de preferencia de acero inoxidable, pero puede ser de plástico, de apertura de no más de 3mm, previo al ingreso a la cisterna.
	Tanque de 5,000lts	Se deberán usar tanques rotomoldeados de 5,000lts, que se colocarán sobre un piso nivelado y firme, o idealmente sobre una base de 40cm de altura. La salida del tanque deberá conectar a por lo menos 3m de manguera, con una llave de nariz en la punta para facilitar el uso del agua (en caso de que no se conecte una bomba en vez). El tanque debe ser opaco a la luz, y poderse cerrar firmemente, sin dejar entradas a animales o insectos.
	Desvío	Se deberá contemplar algún sistema que, mediante un tapón o llave, permita desviar completamente el caudal de agua que baja del techo y evitar su ingreso a la cisterna, esto para evitar captar los primeros aguaceros del año.
Uso doméstico general, Regaderas, lavado y aseo personal, de ropa, losa, y de la vivienda. Figura 4	Separador de primeras aguas/lluvias	Se debe integrar un dispositivo para evitar que el primer volumen de agua que cae del techo en cada aguacero ingrese al tanque. Dicho dispositivo debe permitir que corran entre 1 y 2 litros de agua por cada metro cuadrado de techo conectado al sistema, previo a que el agua empiece a llenar la cisterna.
	Reductor de Turbulencia	El ingreso del agua a la cisterna debe ser calmado, y evitar revolver sedimentos depositados en el fondo. Para esto se recomienda requerir que se integre un reductor de turbulencia
	Clorador	Para evitar el desarrollo de bacterias y microorganismos en el agua almacenada, se recomienda el uso de cloro mediante un dosificador flotante.
Uso para beber y cocinar. Figura 5	Purificador	Si el agua será para consumo, se deberá agregar una etapa de tratamiento final que garantice cumplimiento con la "NOM-127-SSA1-1994 Salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización". Se podrían usar diversos tipos de filtros para la última etapa. Recomendamos que tengan cerámica y/o carbón activado, y tengan un elemento para la desinfección, como la plata coloidal. Deben contar con certificación.

Tabla 5. Listado de criterios mínimos técnicos para el diseño de los sistemas según su uso

COMPONENTES

USO DE AGUA NO HUMANO
WC, RIEGO, ASEO DE PISOS.



DETALLES



Filtro de malla



Desvío

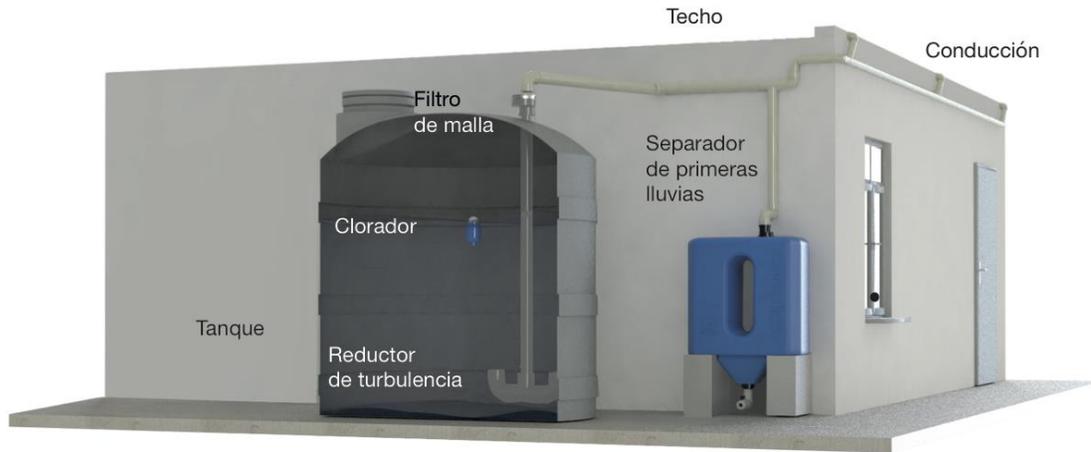


Hilada de tabique

Figura 3. Esquema de sistema de captación de agua de lluvia para uso no humano, incluyendo los componentes mínimos necesarios y detalles específicos del sistema.

COMPONENTES

USO DOMÉSTICO
REGADERAS, LAVABO, ASEO.



DETALLES



Filtro de malla

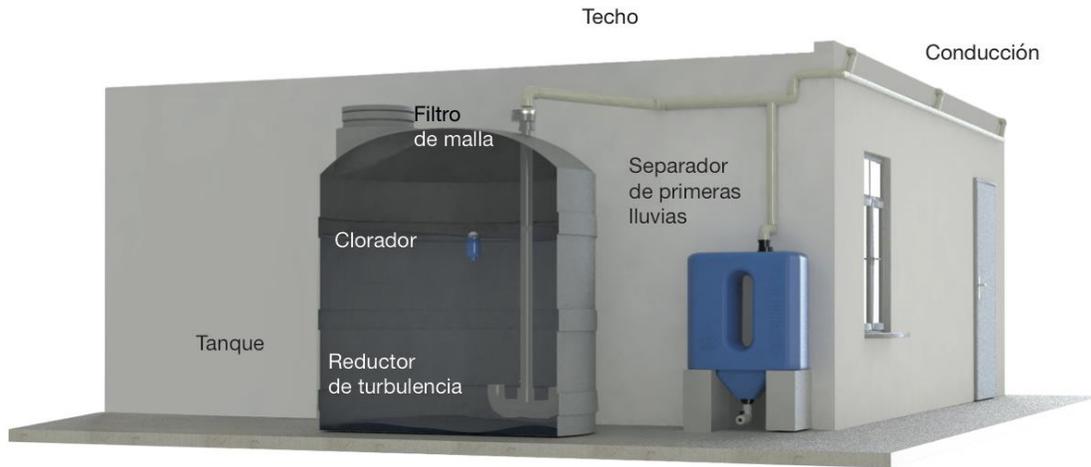


Clorador

Figura 4. Esquema de sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico, incluyendo los componentes mínimos necesarios y detalles específicos del sistema.

COMPONENTES

USO PARA BEBER



PURIFICADORES



Filtro
cerámico con
plata coloidal



Filtro
cerámico
y carbón activado



Micro
filtración

Figura 5. Esquema de sistema de captación de agua de lluvia para uso humano, incluyendo los componentes mínimos necesarios y detalles específicos del sistema.

11. Conclusiones

11.1. Conclusiones sobre los sistemas instalados entre 2015 y 2017

- Los sistemas evaluados cuentan con los materiales y componentes necesarios sólo para una captación muy rudimentaria, apta para usos de agua básicos de no consumo ni contacto directo humano.
- Se detectaron muchas deficiencias en la calidad de las instalaciones, por ejemplo, en cosas básicas, como tubos y canaletas mal sujetadas, falta de teflón en piezas roscadas, techos mal aprovechados por no haberse conectado en su totalidad. Cabe destacar que las distintas empresas y organizaciones ejecutoras presentaron diferencias importantes en calidad. Los sistemas instalados en 2015 y 2016 generalmente tienen menos problemas de calidad de instalación que las que se realizaron en 2017, mismo que se refleja en los mejores índices de adopción (uso) que tuvieron.
- Resulta indispensable fortalecer las capacidades de los beneficiarios, y en la socialización del proyecto ante las comunidades para lograr que se apropien de la tecnología y le den un uso adecuado a los sistemas.
- Varias de las deficiencias encontradas, tanto de implementación física como de socialización, parecerían atribuibles a poca experiencia por parte de los ejecutores, sin embargo, en algunos casos, particularmente el trabajo realizado en 2017 por Distribuciones Joflosa SA de CV, muestra el tipo de fallas que sólo se pueden atribuir a falta de interés y ética profesional. Nos reportaron experiencias negativas como que sus trabajadores llegaban frecuentemente al atardecer o de noche, y realizaba la instalación apresuradamente o se iban dejando las instalaciones a medias y dándolas por terminadas.

11.2. Conclusiones: Evaluación y potencial de continuidad del programa

- Consideramos que captar agua de lluvia en Guanajuato si tiene sentido, pero la selección más cuidadosa de comunidades y viviendas beneficiarias es importante para que valga la pena. La captación de lluvia se deberá dirigir a los hogares que peor situación de agua tengan, en particular, que no tengan conexión a la red, o que esta sea muy deficiente.
- La calidad de agua es un tema grave en el estado de Guanajuato por la presencia de arsénico y flúor en el subsuelo. En los sitios donde haya mayores problemas de salud

derivados de estos químicos hay buenas razones para considerar la captación de lluvia.

- La gente en las comunidades visitadas obtiene agua de diferentes fuentes (red, pipa, garrafón), cuya diferencia en costo es enorme. Un metro cúbico de agua de garrafón cuesta casi cien veces más que uno de la red (\$890 vs \$9). Si los sistemas se diseñan, y el programa de dirige, para instalar sistemas en viviendas que viven de pipas, el valor del proyecto será mucho mayor. Si se diseñan adicionalmente para dar agua para beber, la propuesta de valor crece aún más.
- Recomendamos que cualquier empresa ejecutora a futuro tenga que pasar por capacitación en el diseño e instalación de sistemas de captación, y que sus pagos se liberen a medida que vaya entregando instalaciones terminadas que cumplan con expectativas de calidad.
- Recomendamos integrar al programa un plan de evaluación de resultados e impactos, que no tiene que ser muy complejo, pero que sí permita saber si los sistemas se están usando, qué tanto han mejorado la situación de agua para sus usuarios, si presentan algún problema, y si se justifica continuar o expandir el programa, o todo lo contrario.

Referencias

- Abbasi, T., & Abassi, S. A. (2011). Sources of Pollution in Rooftop Rainwater Harvesting Systems and Their Control. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 41(23), 2097-2167.
- Ahmed, W., Vieritz, A., Gardner, T., & Goonetilleke, A. (2009). Microbial risks from rainwater tanks in Southeast Queensland. *Water Official Journal of the Australian Water and Wastewater Association*, 36(8), 80-85.
- Ariyananda, T. (2005). *Recommendation for Improving Rain Water Quality (A Study Conducted in 2 Districts in Sri Lanka)*. Paper presented at the 12th International Rainwater Catchment Systems Conference, "Mainstreaming Rainwater Harvesting", New Delhi.
- Bannister, A., Westwood, J., & McNeill, A. (1997). *Investigation of Microbiological and Chemical Water Quality in Rain Water Tanks in Victoria, Victoria, Australia*. Department of Natural Resources and Environmental and Water, Victoria.
- Fujioka, R. S., & Chin, R. D. (1987). The Microbial Quality of Cistern Waters in the Tantalus Area of Honolulu. *3rd International Conference on Rainwater Cistern Systems*, (págs. 3-13). Khon Kaen.
- Fujioka, R. S., & Inserra, S. C. (1991). The Bacterial Content of Cistern Waters in Hawaii. *5th International Conference on Rainwater Cistern Systems* (págs. 33-45). London, England: International Water Supply Association.
- Gould, J., Nissen, & Peterson, E. (1999). *Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply: Design Construction and Implementation*. London: IT Publication.
- Gumbs, A., & Dierberg, F. G. (1985). Heavy Metals in the Drinking Water from Cisterns Supplying Single-Family Dwelling. *Water International*, 10(1), 22-28.
- Haeber, R. H., & Waller, D. H. (1987). Water Quality of Rainwater Collection Systems in the Eastern Caribbean. *3rd International Rainwater Cisterns Conference*. Khon Kaen, Thailand.
- Handia, L. (2005). Comparative Study of Rainwater Quality in Urban Zambia. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 54(1), 55-64.
- Martinson, D. B. (2007). *Improving the Viabilities of Rooftop Harvesting in Low Income Countries*. Doctoral Dissertation, University of Warwick.

- Martinson, D. B., & Thomas, T. (2003). Improving Water Quality by Design. *11th International Rainwater Catchment Systems Conference*. Mexico City.
- Martinson, D. B., & Thomas, T. (2005). Quantifying the First Flush Phenomenon. *Mainstreaming Rainwater Harvesting: 12th International Rainwater Catchment Systems Conference*. New Delhi, India.
- Mason, Y. A., Ulrich, A., & Sigg, L. (1999). Behavior of Heavy Metals, Nutrients and Major Components During Roof Runoff Infiltration. *Environmental Science and Technology*(33), 1588-1597.
- Olem, H., & Berthouex, P. (1989). Acid Deposition and Cistern Drinking Water Supplies. *Environmental Science and Technology*, 23, 333-340.
- Ortega-Guerrero, A. (2009). Presencia, distribución, hidrogeoquímica y origen de arsénico, fluoruro y otros elementos traza disueltos en agua subterránea, a escala de cuenca hidrológica tributaria de Lerma-Chapala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 26(1).
- Peters, A., Weidner, K., & Howley, C. (2008). The Chemical Water Quality in Roof-Harvested Water Cisterns in Bermuda. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 57, 153-163.
- Sharpe, W. E., & Young, E. S. (1982). Occurrence of Selected Heavy Metals on Rural Roof-Catchment Cistern Systems. *1st International Conference on Rain Water Cistern Systems*. Honolulu, Hawaii.
- Simmons, G., V., H., Lewis, G., Whitmore, J., & Gao, W. (2001). Contamination of Potable Roof Collected Rainwater in Auckland. *Water Research*(35), 1518-1524.
- Thomas, T. H., & Martison, D. B. (2007). *Roofwater Harvesting: A Handbook for Practitioners*. Deft, The Netherlands: IRC International Water and Sanitation Centre.
- Yaziz, M. I., Gunting, H., Sapari, N., & Ghazalia, A. W. (1989). Variations in Rainwater Quality from Roof Catchments. *Water Research*(23), 761-765.
- Zinder, B., Schuman, T., & Waldvogel, A. (1989). Aerosol and Hydrometer Concentration and their Chemical Composition during Winter Precipitation along a Mountain Slope II. Enhancement of Below-Cloud Scavenging in a Stably Stratified Atmosphere. *Atmospheric Environment*(22), 2741-2750.
- Zobrist, J. M., Ammann, A., Bucheli, T. D., Mottier, V., Ochis, M., Schoenenberger, R., y otros. (2000). Quality of Roof Runoff for Groundwater Infiltration. *Water Research*, 1445-1462.

Anexos

Anexo 1. Encuesta de datos técnicos.



DATOS TÉCNICOS - SISTEMA DE CAPTACIÓN DE LLUVIA EN GUANAJUATO

I. DATOS GENERALES

1. Nombre del beneficiario _____ 2. Hogar No.: _____
 3. Ubicación GPS: _____ 4. Fecha: ____/____/____

II. OBSERVACIONES DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN

5. Identificar tipo de sistema () Sistema con filtros () Sistema sin filtros
 5.1 Si tiene filtros ¿de qué tipo? Especificar _____
 6. ¿Cuántos m² tiene de superficie de captación de agua de lluvia? _____
 7. ¿Está bien su diámetro de tubería (0-50 m² = 2", 0-140 m² = 3", 0-300 m² = 4")? Sí () NO ()
 8. ¿Cuál es la capacidad del tanque de almacenamiento (litros)? _____ litros

III. EVALUACIÓN DE LA INSTALACIÓN:

9. Si el techo es de concreto, ¿se instaló hilada de tabiques? Sí () NO ()
 9.1 Si la respuesta es positiva, ¿se instalaron bien? Sí () NO ()
 10. Si el techo de lámina, ¿se instalaron canaletas? Sí () NO ()
 10.1 Si la respuesta es positiva, ¿tienen inclinación? Sí () NO ()
 10.2 Si la respuesta es positiva, ¿están bien fijadas? Sí () NO ()
 11. ¿Las tuberías tienen pendiente? Sí () NO ()
 12. ¿Las tuberías están fijadas cada 1.5 m? Sí () NO ()
 13. ¿Con qué están fijadas las canaletas y tuberías?
 Abrazaderas () Solera () Alambre Recocido () Alambre Galvanizado () Otro _____
 14. ¿Ningún tubo se ha desconectado o roto? Sí () NO ()
 15. ¿El tubo de entrada al tinaco tiene respiradero? Sí () NO ()
 16. ¿El sistema cuenta con un desagüe? Sí () NO ()
 17. ¿Se encuentran fugas en alguna parte del sistema? Sí () NO ()
 17.1 Si la respuesta es positiva, ¿Dónde? Hilada () Canaleta () Tubería () Cisterna ()
 18. ¿Es fácil sacar agua de la cisterna? Sí () NO ()
 19. ¿La cisterna esta puesta sobre piso firme y sin pendiente? Sí () NO ()

Mantenimiento: Del 1 al 5, donde 1 es muy sucio y 5 es muy limpio ,	Puntaje
20 El techo	
21. Las canaletas (si tiene)	
22. El tanque de almacenamiento	
23. filtros (si tiene)	
24. El agua adentro del tinaco	
25. El agua de la llave del tinaco	

26. ¿Se ve que están usando su sistema para captar agua de lluvia? SI () / NO ()

26.1 Si la respuesta es negativa, ¿por qué? _____

27. Notas sobre su sistema o el mantenimiento del sistema: _____