

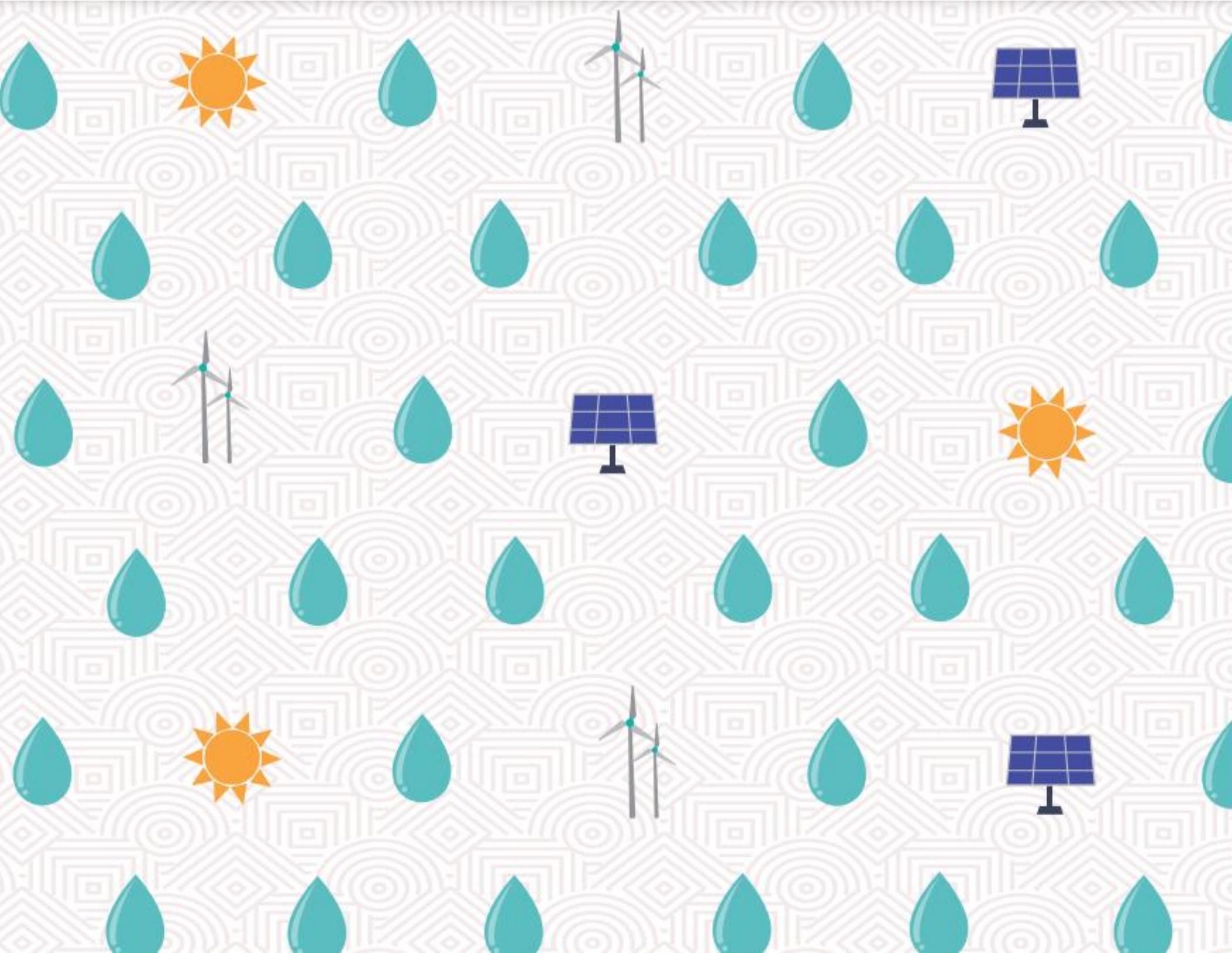
Manual de Ecotecnias de Seguridad Hídrica y Sustentabilidad Energética para el Estado de Puebla



Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.



Secretaría de
Medio Ambiente,
Desarrollo Sustentable
Ordenamiento Territorial
Gobierno de Puebla





Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.

Gobierno del Estado de Puebla

Luis Miguel G. Barbosa Huerta
Gobernador Constitucional del Estado
de Puebla



Secretaría de
Medio Ambiente,
Desarrollo Sustentable y
Ordenamiento Territorial
Gobierno de Puebla

Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial

Beatriz Manrique Guevara
Secretaria De Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial

Santiago Creuheras Díaz
Subsecretario de Gestión Ambiental y Sustentabilidad Energética

Jorge Luis Zenil Alva
Director de Gestión de Cambio Climático, Ciudades Inteligentes y Transición Energética

Angélica Gutiérrez del Valle.
Jefa de Departamento de Cambio Climático y Ciudades Inteligentes

Daniela Guadalupe Soberanis Acosta.
Jefa de Departamento de Sustentabilidad Energética

Maritza García Gamboa.
Analista de Cambio Climático y Ciudades Inteligentes

Sandra Enith Álvarez Espinosa.
Analista de Sustentabilidad Energética

Jair Reséndiz Pérez.
Analista de Gestión de Cambio Climático, Ciudades Inteligentes y Transición Energética

Elaboración

María de la Cruz Martínez Portugal
Raul Calixto Andriano

Desarrollo documental

Raul Calixto Andriano

Diseño

Adrina de los Ángeles
Granda Martínez
José Roberto Suriano
Chacón

Esta publicación puede ser utilizada con fines de orientación, educativos e informativos, siempre que se cite la fuente y no se comercialicen sus contenidos.
Impreso en Puebla, Año 2022.



Contenido

| | |
|--|----|
| 1. Introducción..... | 5 |
| 2. Justificación..... | 5 |
| 3. Fundamento jurídico..... | 6 |
| 4. Objetivo..... | 7 |
| 5. Antecedentes..... | 8 |
| 6. Ecotecnias en materia de seguridad hídrica..... | 9 |
| 6.1 Captura de agua de lluvias..... | 11 |
| 6.2 Filtro de agua casero..... | 18 |
| 6.2.1 Filtro pequeño..... | 19 |
| 6.2.2 Filtro grande..... | 22 |
| 6.3 Baños secos..... | 29 |
| 6.4 Humedales..... | 40 |
| 7. Ecotecnias en materia de sustentabilidad energética..... | 52 |
| 7.1 Deshidratador solar..... | 54 |
| 7.2 Calentador solar..... | 67 |
| 7.3 Estufa solar..... | 78 |
| 7.4 Estufa ahorradora de leña..... | 92 |
| 7.4.1 Estufa ahorradora tipo <i>Rocket</i> de ladrillos..... | 92 |



| | |
|---|------------|
| 7.4.2 Estufa ahorradora tipo <i>Rocket</i> metálica | 102 |
| 8. Caracterización regional del estado de Puebla con indicador de pobreza energética para aplicación de ecotecnias..... | 117 |
| 9. Diagnóstico de viabilidad de aplicación de ecotecnias en el Estado de Puebla | 126 |
| Análisis de viabilidad | 126 |
| 10. Esquemas de desarrollo sostenible en la entidad con perspectiva de género para reducir las brechas de desigualdad..... | 138 |
| 11. Beneficios de ecotecnias (ambientales, sociales y económicos)..... | 143 |
| 12. Estrategias e implementación de prototipos de ecotecnias en el estado de Puebla..... | 147 |
| Bibliografía | 159 |
| Glosario | 162 |
| Lista de tablas | 164 |
| Lista de figuras..... | 165 |
| Anexo 1 Captura de agua de lluvia anual en una vivienda promedio, por municipio | 166 |



1. Introducción

Las ecotecnias son soluciones tecnológicas para el uso de recursos finitos o de difícil acceso, pero con el rasgo característico de su casi nulo impacto en el medio ambiente durante su construcción y operación. La importancia de las ecotecnias consiste en su utilidad para segmentos de la población que por diversos factores no cuentan con el acceso a recursos básicos para cubrir sus necesidades.

Es en este contexto que las ecotecnias retoman un rol importante en el apoyo a la cobertura de las necesidades de la población, ayudando a incrementar su resiliencia ante la falta de acceso a ciertos bienes y servicios. Si bien existen un gran número de ecotecnias dirigidas a diferentes necesidades, en el presente manual se cubren los aspectos energético e hídrico, ya que son fundamentales para el desarrollo integral de las personas. La carencia de alguno de estos podría conducir a los hogares a situaciones de vulnerabilidad y pobreza.

Cabe resaltar que la investigación realizada en los últimos años ha encaminado las ecotecnias hacia la eficiencia en el uso de los recursos, el bajo costo y la facilidad en su construcción por parte de los usuarios, lo que representa un beneficio adicional a lo antes mencionado.

2. Justificación

El acceso a los recursos hídrico y energético en suficiencia por parte de la población y en las condiciones necesarias para su aprovechamiento son vitales para el pleno desarrollo de sus actividades, la reducción de enfermedades relacionadas y de la vulnerabilidad ante la pobreza, y es responsabilidad del estado velar por las condiciones necesarias para que esto se cumpla.

No obstante, no es una tarea sencilla de asumir, pues para llevar estos recursos a la población es necesario contar con la infraestructura requerida tanto para su transporte como para su aprovechamiento, además de contar con el recurso en abundancia, lo cual no siempre es posible debido a condiciones de distribución, escasez, sobreexplotación, entre otras.



Por ejemplo, el agua ha visto disminuida su disponibilidad debido a una combinación de varios factores: la sobreexplotación y contaminación de las fuentes de agua, la concentración de la población en las grandes ciudades, la alteración del ciclo del agua, etc.

En el aspecto energético, buena parte de la población se ve especialmente sensible ante condiciones de pobreza derivada de sus necesidades de energía no cubiertas, ya sea por la falta de infraestructura para el transporte o aprovechamiento, los precios prohibitivos, entre otros.

Tomando en cuenta lo anterior, es indispensable que la población tenga acceso a los bienes de agua y energía en suficiencia para que pueda desarrollarse plenamente. Es por eso que se presenta este trabajo como una forma de contribuir a la seguridad hídrica y energética de la población.

3. Fundamento jurídico

En la siguiente tabla se muestran los instrumentos jurídicos en materia de agua y energía.

Tabla 1. Instrumentos jurídicos en materia de agua y energía, por nivel.

| | Energía | Agua | |
|---|--|--|--|
| Nivel federal | Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos | | |
| | Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) | | |
| | Ley General de Cambio Climático | | |
| | Ley de Transición Energética | Ley de Desarrollo Forestal Sustentable | |
| | Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos | Ley de Aguas Nacionales | |
| | Ley de la Industria Eléctrica | Ley General para la prevención y Gestión Integral de los residuos | |
| | Normas Oficiales Mexicanas de eficiencia energética | Normas para el uso y aprovechamiento del agua en los diferentes sectores | |
| | | Programa Nacional Hídrico 2020 - 2024 | |
| Programa de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT) 2020-2024 | | | |



| | Energía | Agua |
|--|---|--|
| Nivel estatal | Ley para la Protección al Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla | |
| | Ley de Cambio Climático del Estado de Puebla | |
| | Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Puebla | Ley del Agua para el Estado de Puebla |
| | | Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Puebla |
| | Estrategia de eficiencia y transición energética del estado de Puebla | Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Puebla |
| | | Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Puebla |
| | Estrategia Transversal Cuidado Ambiental y Atención al Cambio Climático | Estrategia Transversal Cuidado Ambiental y Atención al Cambio Climático |
| Estrategia Estatal de Cambio Climático 2021-2030 | | |

Fuente: Elaboración propia.

4. Objetivo

El presente manual está enfocado a la población suburbana y urbana del estado de Puebla, aunque puede ser empleada por cualquier persona. Tiene como objetivo dar a conocer a la ciudadanía qué son las ecotecnias, cuáles son los beneficios ambientales, sociales y económicos que tienen y cuáles son las posibles técnicas que pueden aplicarse dentro del estado de Puebla en materia de sustentabilidad hídrica y energética, con base en su situación sociocultural, económica y ambiental.

Asimismo, se proponen diferentes técnicas que pueden ser aplicadas en todas las zonas del estado de Puebla, mismas que, en caso de implementarse, pueden fomentar la inclusividad y equidad de género dentro del Estado. El presente Manual incluye los materiales necesarios, cantidad, costo estimado, planos, instructivos y análisis económico para su implementación.

Entre las propuestas del presente manual se encuentran la construcción de un calentador solar, la construcción de una estufa solar y, finalmente, la construcción de una estufa ahorradora de leña para el caso de las ecotecnias de sustentabilidad energética. Con respecto a las ecotecnias de seguridad hídrica se incluye un sistema de captación de agua de lluvia, filtro para el tratamiento de la misma, baños secos para el ahorro del agua, y humedales para el tratamiento de aguas grises.



5. Antecedentes

El acceso a los recursos hídricos y energéticos ha marcado el desarrollo de las comunidades humanas que se han establecido y prosperado históricamente en lugares donde contaran con dichos recursos. Al día de hoy, las poblaciones siguen dependiendo del acceso a los mismos para el pleno desarrollo de los individuos, lo que se conoce como seguridad hídrica y energética.

No obstante, estamos en un punto apremiante en ambos aspectos. Por un lado, la seguridad hídrica se ha visto comprometida en años recientes debido a la sobreexplotación de los mantos acuíferos derivada del crecimiento poblacional, que demanda más servicios, alimentos y bienes, que para su producción requieren de cantidades importantes de agua.

Por otro lado, en el caso particular del estado de Puebla, su mayor vulnerabilidad energética radica en la baja producción de energía primaria y la casi nula capacidad de producción de energéticos para el consumidor final, lo que en un panorama general no representa un mayor problema al pertenecer a un país con una generación de energía elevada debido a sus ricos recursos energéticos. Sin embargo, las circunstancias del mercado energético mundial pueden afectar a los hogares más vulnerables ante condiciones de alza en los precios o escasez de energéticos.

El acceso a los recursos hídricos y energéticos en cantidad suficiente y con la calidad necesaria es tan importante que han sido reconocidos en los Objetivos del Desarrollo, concretamente en el objetivo 6 Agua limpia y saneamiento, y el objetivo 7 energía asequible y no contaminante (ONU, 2022), respectivamente, reconociendo así que estos dos factores son impulsores del desarrollo humano (Espinosa-Dorado & Carrillo-Núñez, 2021).



ECOTECNIAS EN MATERIA DE SEGURIDAD HIDRICA

CAPTURA DE LLUVIA





6.1 Captura de agua de lluvias

La captación de agua de lluvia es una técnica que permite captar, conducir, almacenar y/o distribuir el agua de lluvia (FAO, 2022).

La OMS fija la cantidad de agua diaria por persona en 50 L, mientras que la UNESCO fija un volumen de 100 L, por lo que se puede considerar estos valores como orientación sobre los requerimientos mínimos.

Los componentes básicos de un sistema para aprovechar el agua de lluvia incluyen los siguientes: superficie de captación, centralización y distribución, desvío general a drenaje, pretratamiento y almacenamiento (Sedema, IU, IRRI, 2020).

Tabla 2. Posibilidades y limitaciones de la ecotecnia “Captura de agua de lluvia”.

| Posibilidades | | Limitaciones | | |
|---|------|--|------------|----|
| <ul style="list-style-type: none">• Permite cubrir una parte de las necesidades de agua de un hogar• Permite contar con agua en sitios sin conexión a red• Se pueden aprovechar las bajantes que ya se tengan instalados• Se puede aprovechar el techo de la vivienda para realizar la captación | | <ul style="list-style-type: none">• No podrá cubrir al 100% la demanda de agua de un hogar a lo largo del año• Depende de la temporada de lluvias, del municipio en que se encuentre y del tamaño del techo• Requiere contar con el dispositivo para almacenamiento del agua captada | | |
| Dinero | •••• | Tiempo | ••• | |
| | | | Dificultad | •• |

Fuente: Elaboración propia.



Figura 1. Componentes de un sistema de captación de lluvia.

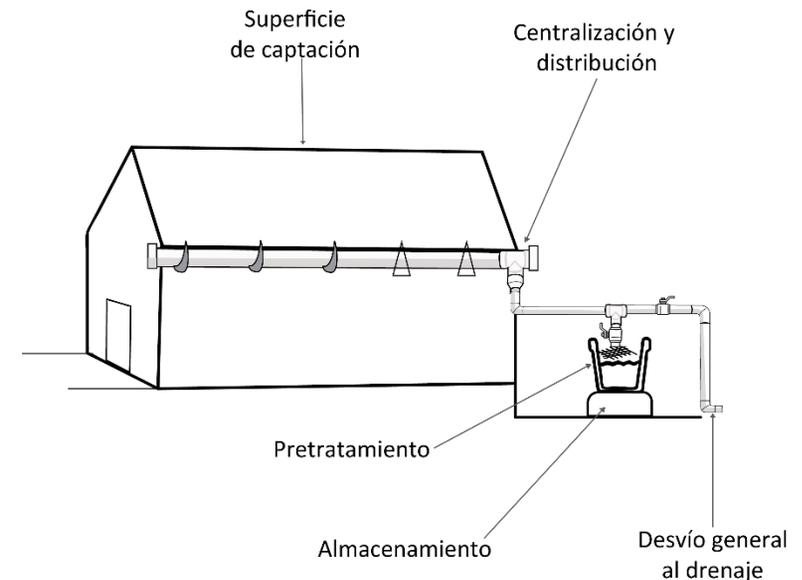
Superficie de captación. Cualquier superficie sobre la que se tenga precipitación, bien puede ser el techo de la vivienda.

Centralización y distribución. Dirige toda el agua captada hacia el o los puntos donde se realizará el descenso de la misma. En caso de existir las bajadas previo a la instalación del sistema, se aconseja aprovecharlos con la menor intervención posible.

Desvío general al drenaje. Evita la entrada de agua sucia al recipiente de almacenamiento.

Almacenamiento. Puede realizarse en cualquier recipiente con la capacidad para ello.

Pretratamiento. Conjunto de medidas para obtener agua de calidad adecuada para el uso al que se quiera destinar.



Adicionalmente a las etapas anteriores, están el **bombeo**, la **filtración y tratamiento**, la **desinfección** y el **manejo y mantenimiento**. Cabe resaltar que el tratamiento es opcional y depende del uso al que se destine el agua.

Información necesaria

Para el conocer el tamaño de un sistema de captación de agua de lluvia se debe contar con la siguiente información:

- 1.- ¿Cuánta agua se necesita? Esto depende del número de habitantes del hogar, cada uno consume alrededor de 100 L por día.
- 2.- ¿Cuánta agua de lluvia se puede captar donde vivo? En el Anexo 1 se muestra la cantidad anual de agua de lluvia que un hogar puede captar en un año, para cada municipio del Estado de Puebla.



Dependiendo de cuánta agua se requiera y cuánta se pueda captar en una vivienda, se puede elegir el recipiente de almacenamiento: un tambo (200L) o varios, o un tinaco (~1,100L). Se recomienda usar los que ya se tengan destinados a este fin y que no sea necesario reubicar, y no mezclar el agua captada con la del servicio de la red (por ejemplo en la cisterna), ya que el agua de lluvia puede haber arrastrado algún contaminante (sólidos, partículas, etc.).

Construcción de un sistema de captura de lluvia

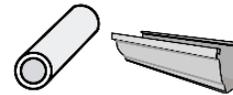
Debido a la alta variación que presentan las viviendas en el Estado, para la propuesta de instalación de esta ecotecnia se tomará como referencia una casa de 8 m por 10 m con techo a dos aguas. Se optará por los materiales más económicos a fin de tener un precio base.



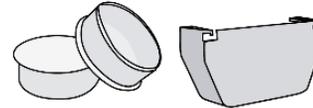
Materiales:

- Tubo de PVC de 15 cm (6") para la canaleta, también se puede usar canaleta de PVC o metálica.
- Tapas para tubo de PVC, o tapas para canaleta.
- Ménsulas, o alambre quemado según disponibilidad. Este último es más económico.
- Tee de 6" y reducción de 6" a 4", o unión canaleta – bajante
- Bajante de PVC de 4"
- Accesorios para tubería (2 válvulas de 4", pegamento para PVC, clavos o tornillos, etc.)
- Filtro de malla de plástico o acero, que sean fáciles de limpiar. Se recomienda de 5x5mm
- Recipiente de almacenamiento, puede ser un tambo plástico o metálico (botes, tinacos, tambos, u otro)

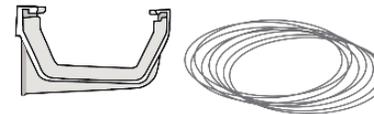
Materiales



- Tubo de PVC de 15cm (6") para la canaleta, también se puede usar canaleta de PVC o metálica



- Tapa para canaleta ó Tapa para tubo de PVC de 6" según sea el caso



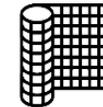
- Ménsulas, o alambre quemado según disponibilidad Este último es más económico



- Unión Canaleta – Bajante Tee de 6" y reducción de 6" a 4" en caso de instalar tubo de 6" para la canaleta.



- Accesorios para tubería (válvulas, tornillo, pegamento etc.)



- Filtro de malla de plástico o acero, que sean fáciles de limpiar. Se recomienda de 5x5mm



- Recipiente de almacenamiento, puede ser desde, un tambo plástico o metálico (botes, tinacos, tambos, u otro).

La cantidad de estos elementos deberá estar de acuerdo a la superficie de captación que se empleará, por lo que puede haber una alta variabilidad.

Costo aproximado: \$7,452.00

**Figura 2.** Ejemplo de montaje del sistema de captación en una vivienda.

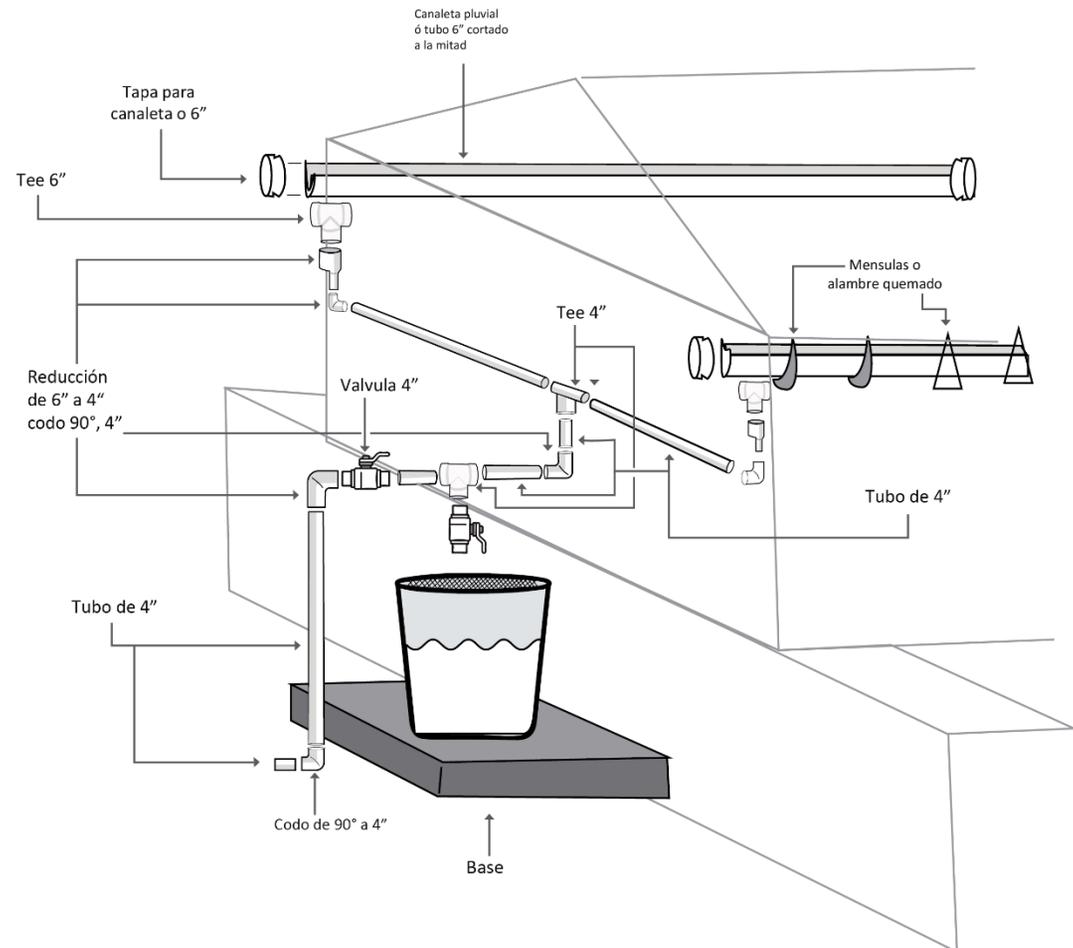
1. Una vez elegida la superficie destinada a este fin, se deberán inspeccionar en busca de canaletas y bajantes ya existentes, pues se recomienda aprovecharlas para reducir los costos y no modificarlas en caso de no ser necesario.

2. Si no se cuenta con canaletas, se deben instalar en las orillas donde se tenga el punto más bajo del techo, es decir, hacia donde se dirige el agua cuando escurre. En caso de haber usado tubo de PVC de 6", deberá cortarse a lo largo por la mitad, de manera que se tengan dos canaletas por cada tubo. Si se eligieron las canaletas comerciales, se puede pasar directamente a la instalación.

3. Las canaletas se deben asegurar con las ménsulas o el alambre quemado, siendo suficiente una a cada metro en la mayoría de los casos. Los extremos de las canaletas deben sellarse con las tapas adquiridas para este fin.

4. Las canaletas deben conectarse a las bajantes, mismas que deberán dirigirse hacia el recipiente de almacenamiento y unirse en una sola tubería para facilitar su manejo, como se aprecia en la figura. Si se usó tubo de PVC para las canaletas, se debe tener en cuenta que el bajante se compondrá de la Tee de 6" y su reducción a 4", como se muestra en la figura.

5. En este punto deberá instalarse el desvío general a drenaje para usarlo en caso de ser necesario. Constará de dos válvulas de un cuarto de vuelta ubicadas después de la Tee de 4" que conecta los bajantes con el recipiente de almacenamiento, una regulará el flujo hacia el recipiente de almacenamiento, y la otra regulará el flujo hacia el drenaje.





6. Es conveniente que haya una separación de unos 20 o 30 cm entre la tubería que se dirija hacia el recipiente de almacenamiento y éste, debido a que en este espacio se puede instalar las mallas que impedirán el acceso de hojas u otros objetos arrastrados por la corriente. Esta malla deberá ser del tamaño de la boca del recipiente. También deberán instalarse los filtros de malla antes de que el agua pase de la superficie de captación a las canaletas, a fin de reducir los objetos que puedan introducirse en la tubería y obstruirla.

Consideraciones

Se recomienda dejar pasar de 3 a 5 lluvias al inicio de la temporada o según se observe el estado de limpieza del techo de la vivienda, así como realizar la limpieza del techo antes de que inicie la temporada de lluvias.

Esta ecotecnia se puede combinar con las técnicas de construcción mencionadas en el Manual 3 Arquitectura Sustentable de esta serie, particularmente se puede realizar el cambio de canaletas de PVC o lámina por bambú.

También se puede usar en combinación con la ecotecnia “Filtro casero” que se presenta a continuación.

The image features a repeating geometric pattern of squares and circles in light gray on a white background. A solid black horizontal band runs across the middle, containing the text 'FILTRO CASERO' in white, bold, sans-serif font. Above and below this band, several gray water droplets are scattered, some appearing to fall from the top and others from the bottom. At the bottom center, there is a black silhouette of a traditional water filter, consisting of a wide, shallow bowl on top, a narrow vertical pipe in the middle, and a small cup at the bottom. A single water droplet is shown falling from the cup.

FILTRO CASERO



6.2 Filtro de agua casero

Tabla 3. Posibilidades y limitaciones de la ecotecnia “Filtro de agua casero”

| Posibilidades | | Limitaciones | |
|---|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Permitirá limpiar el agua de partículas y sólidos• Los componentes se consiguen en cualquier casa de materiales• Es muy económico y rápido de hacer• Se puede escalar fácilmente• Se puede complementar con cloración o carbón activado hecho en casa o comercial | | <ul style="list-style-type: none">• No es apto para filtrar contaminantes orgánicos (herbicidas, pesticidas, etc.) ni para aguas negras• Debe renovarse al menos una vez al mes• Debe vigilarse ocasionalmente durante su operación | |
| Dinero | • | Tiempo | • |
| | | Dificultad | • |

Fuente: Elaboración propia.

Ya sea por emergencia o por limpieza, filtrar el agua es un proceso necesario para purificarla y eliminar algunos contaminantes que pudieran estar presentes. Por ello se presenta a continuación la elaboración de un filtro casero económico y práctico que puede ser útil solo o como complemento del sistema de captación, siempre que el agua requiera una mejor calidad para el uso al que se le destine. Es importante señalar que este tipo de filtros es para aguas que presenten turbidez, pero no es apto para tratar aguas que hayan sido contaminadas con descargas residuales (aguas negras) o con pesticidas o herbicidas, por lo que se puede utilizar para filtrar agua del grifo sin alta presencia de dureza, agua de pozo, ríos o agua de lluvia.

Los materiales minerales se pueden comprar en cualquier casa de materiales para la construcción. La arena más adecuada es la arena de río, pero cualquier otra puede funcionar; en cualquier caso se puede comprar en bruto y tamizarla en casa. Se recomienda enjuagar los materiales antes de construir el filtro para retirar posibles partículas de polvo o tierra.



6.2.1 Filtro pequeño

Materiales

| Material | Cantidad |
|---|--------------|
| Botella grande de plástico, puede ser un bidón de agua de unos 5L | 1 pieza |
| Paquetes de algodón | 1 paquete |
| Piedras grandes (del tamaño del dedo índice, opcional) | 1 bote (20L) |
| Grava gruesa (del tamaño de tu pulgar) | 1 bote (20L) |
| Grava fina (del tamaño de la mitad de tu pulgar) | 1 bote (20L) |
| Tezontle (del tamaño de tu pulgar, opcional) | 1 bote (20L) |
| Arena fina (cernida con arnero fino, 1 mm) | 1 bote (20L) |
| Arena gruesa (cernida con arnero fino, 4 mm) | 1 bote (20L) |

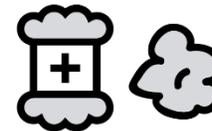
Costo aproximado \$152.50



- Una botella grande de plástico puede ser un bidón de agua de unos 5L.



- Grava fina



- Algodón



- Tezontle



- Piedras grandes



- Arena fina



- Grava gruesa

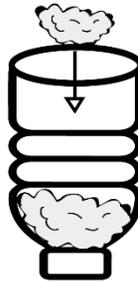
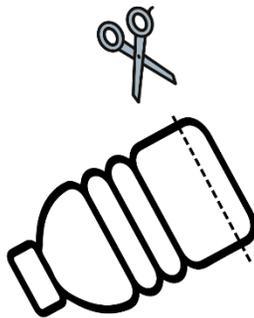


- Arena gruesa



Construcción del filtro casero

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--|--|--|
| <p>Corta la base de la botella con mucho cuidado y con la ayuda de unas tijeras, cuchillo o cutter.</p> | <p>Después, en la base (donde se encuentra la boquilla) se coloca algodón, una capa más o menos gruesa de tal forma que no se salga de la boquilla. A continuación cubra el inicio del cuello de la botella y un poco más arriba</p> | <p>Comenzar a llenar la botella, primero con las piedras más grandes, después las piedras medianas o en su caso la grava gruesa, posteriormente la grava fina, el tezontle, luego la arena gruesa y por último la arena fina (si es que se cuenta con ella). Debe dejarse un espacio libre de 10 cm antes del borde.</p> | <p>Ahora el filtro casero está listo y puede empezar a usarse.</p> |



Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. Colocación y uso del filtro.



Fuente: Elaboración propia

Para realizar el filtrado, se coloca el filtro sobre un recipiente con capacidad suficiente para la cantidad de líquido a filtrar, como una jarra, y se agrega el agua al filtro con cuidado de no erosionar la capa superficial de arena, pudiendo colocar una cuchara unos centímetros por encima de ella mientras se vierte el líquido. También puede colgarse de una viga mediante una cuerda, en caso de contar con ella.

Debe agregarse agua hasta que esté unos 10 cm por encima de la arena y dejar que el nivel disminuya, agregando agua según se requiera para mantener ese nivel, aproximadamente cada 10 minutos. La velocidad de filtrado es de 3 L/h, aunque puede ser mayor si la botella es más grande y alta.

Gracias a que la mayoría de las botellas son transparentes, se podrá observar el paso del agua y cómo comienza a filtrarse. Se recomienda que este tratamiento se realice poco a poco para que el agua se purifique al máximo.



6.2.2 Filtro grande

Materiales

| | |
|---------------------------------------|---------|
| Recipiente plástico de 150 L con tapa | 1 pza |
| Arena | 3 botes |
| Grava | 2 botes |
| Arena fina* | 1 botes |
| Flotador | 1 pza |
| Tubo de PVC de 1/2" | 6m |
| Codos de 90" de 1/2" | 4 pzas |
| Tee de 1/2" | 3 pza |
| Tapas ciegas PVC de 1/2" | 5 pzas |
| Llave plástica de agua de 1/2" | 1 pza |
| Racor de 1/2" | de 1/2" |
| Pegamento para PVC | 1 pza |

*La arena fina se puede obtener de la arena normal al cernirla (tamizarla).

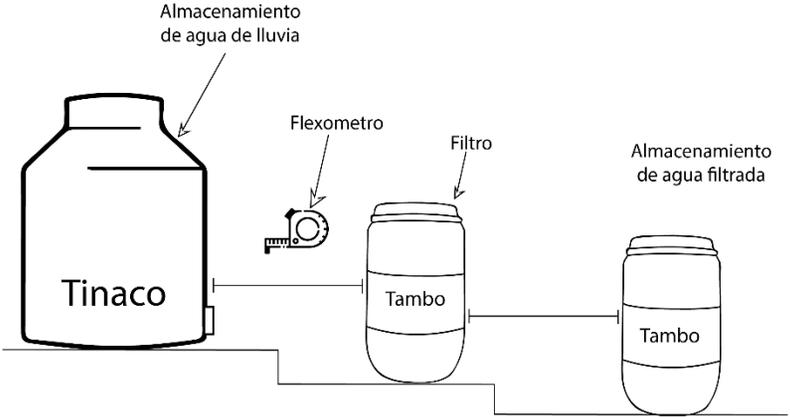
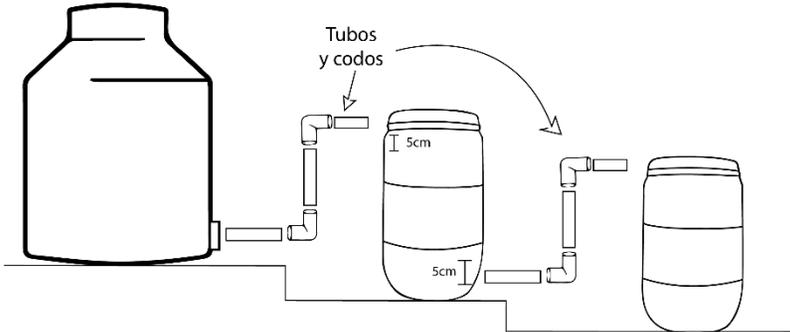
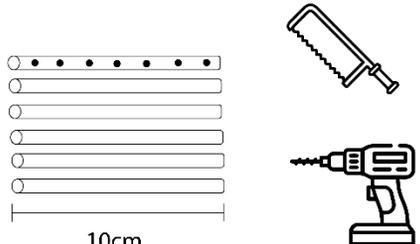
Costo total: \$1,430

Herramientas

Arco con segueta
Lija
Flexómetro
Taladro con broca delgada
Lápiz



Construcción paso a paso

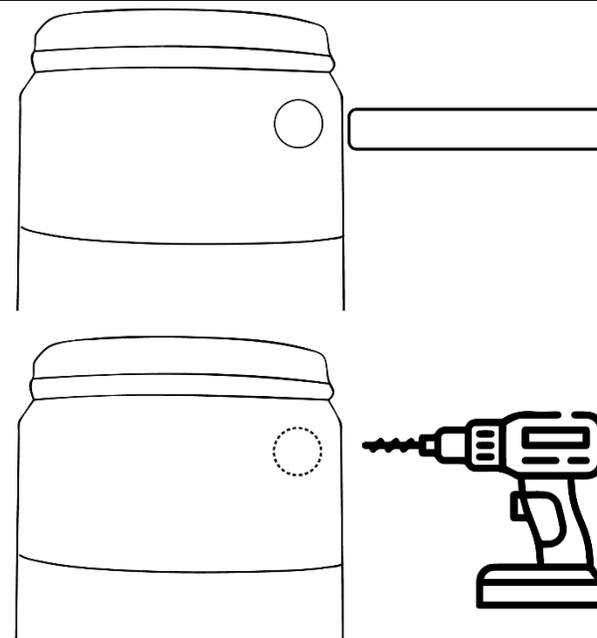
| | |
|---|---|
| <p>Una vez determinada la ubicación del filtro, se miden las distancias entre este y el recipiente de almacenamiento de lluvia y el recipiente de almacenamiento de agua filtrada.</p> |  |
| <p>Se realizan los cortes de tubo tomando en cuenta que las conexiones deben ir de la salida en el inferior del recipiente de almacenamiento de agua de lluvia hacia la parte superior del filtro, y de la parte inferior del filtro hacia la parte superior del recipiente de agua filtrada.</p> <p>Las conexiones entre recipientes deben realizarse dejando un espacio de al menos 5 cm desde el fondo y desde el tope superior.</p> |  |
| <p>Se realizan los cortes de tubo para la "flauta", que irá en el fondo del filtro y recibirá el agua filtrada para conducirla al último recipiente. Estará compuesta por 9 piezas de 10 cm de tubos de pvc de 1/2" y con perforaciones cada centímetro.</p> |  |



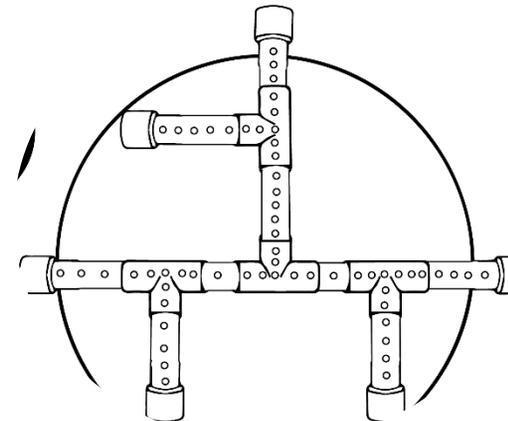
Se realizan los agujeros en el recipiente que hará de filtro. Para ello se marca con el lápiz en el recipiente la circunferencia del tubo en donde irá el ingreso y salida del agua, y se realizan distintas perforaciones hasta terminar el corte.

El ingreso debe ir en la parte superior del recipiente y la salida en la parte inferior, dejando un espacio de al menos 5 cm desde el fondo y desde el tope superior.

El tubo de PVC debe poder atravesar el orificio sin holgura.

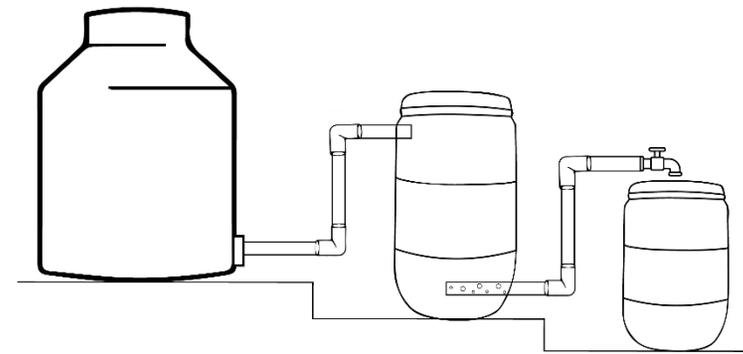


Se realiza la “flauta”, que será una “T” formada por 9 piezas de tubo de PVC de 10 cm unidos por piezas Tee y sellada en los extremos con las tapas ciegas, como se muestra en la imagen.



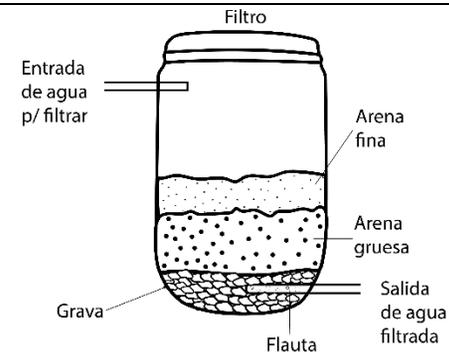


Se ubica la “flauta” dentro del recipiente del filtro y se realizan las conexiones entre recipientes (la flauta se conecta a la tubería de salida) cuidando que se ubiquen de manera que niveles del líquido sean de mayor a menor: el recipiente de captura de agua de lluvia, el filtro y el recipiente de almacenamiento de agua filtrada. Esto permitirá que el agua fluya en el sentido correcto. Se recomienda que se instale la llave de plástico a la salida del filtro para regular su ingreso al recipiente de agua filtrada.



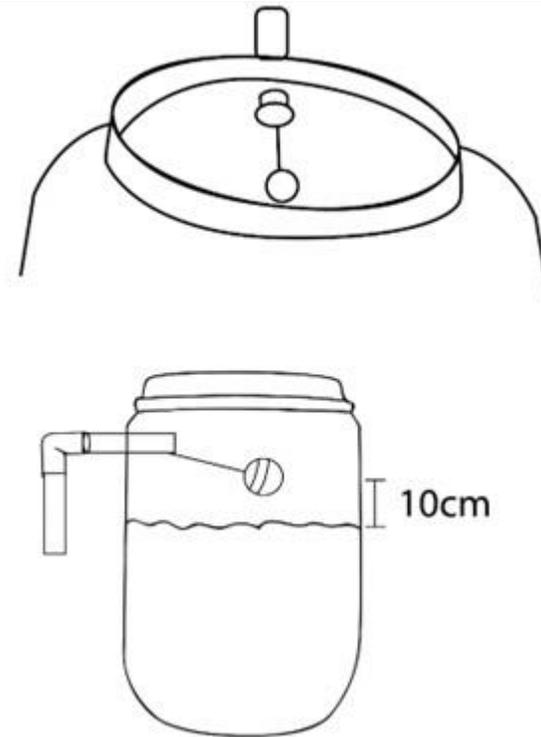
Se colocan los materiales que realizarán la filtración:

1. Se coloca grava en la parte inferior hasta cubrir la flauta, esto dará soporte al resto de los materiales.
2. Se coloca la arena gruesa de manera lenta y uniforme.
3. Se coloca la arena fina evitando descargas bruscas a fin de no alterar la disposición de los materiales.





Se coloca el flotador en la tubería de entrada de agua, cuidando que el agua siempre tenga un nivel de al menos 10cm por encima del nivel de la arena. Esto le dará la presión necesaria para filtrarse por los materiales pero sin alterar su disposición. Finalmente, se coloca la tapa al filtro.



Consideraciones

Si bien los filtros son adecuados para los usos arriba mencionados, se puede aumentar su efectividad añadiendo otro tipo de material filtrante como el carbón activado en caso de estar disponible. Este deberá colocarse en la misma proporción que la arena fina y encima de la grava. El carbón activado se puede comprar en algunas tiendas, o se puede elaborar “carbón activo posible” en casa de la siguiente manera: triturar carbón de leña hasta hacerlo polvo, pasarlo por un colador de cocina para quitar los pedazos gruesos, colocar el polvo de carbón en una olla de metal y agregar vinagre blanco hasta cubrirlo, calentar a fuego bajo hasta evaporar el vinagre, dejar enfriar y enjuagar con un agua para retirar el exceso de vinagre. El carbón activado se puede usar o guardar en un recipiente con tapa (UNA, 2022).



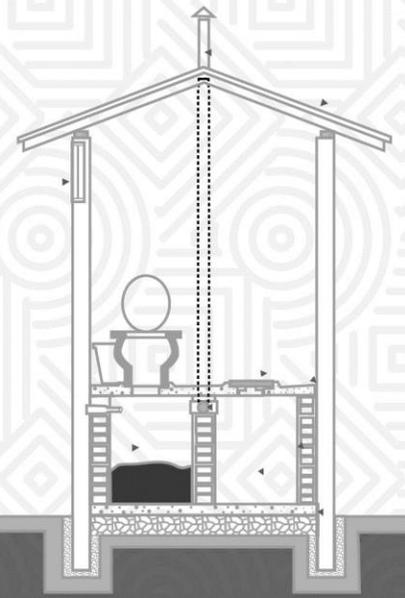
Para mejorar la calidad del agua, se puede hacer uso de la cloración en combinación con este filtro. Para ello se agrega un aproximado de dos gotas de cloro por cada litro de agua. También puede usarse cualquier producto líquido para limpieza (lejía) a base de cloro sin aroma (EPA, 2022).

La principal actividad de mantenimiento a realizar en el filtro pequeño es la remoción del algodón, ya que a la larga puede empezar a desprender pequeñas pelusas o incluso trozos más grandes, lo que puede ser un riesgo debido a que allí es donde se retienen algunos de los contaminantes más pequeños y que pueden ser imperceptibles a simple vista. Dependiendo de las veces que se utilice el filtro, se recomienda cambiar las capas cada mes o cuando se note que la filtración ha dejado de ser efectiva, lo que ocurra primero. Además, es necesario cambiar la grava y arena cada vez que se realice la limpieza. Si la botella de plástico aún es funcional, puede seguir utilizándose para el filtro con una limpieza bien hecha (lavar y enjuagar con agua limpia).

En el caso del filtro grande, las ubicaciones de los recipientes de almacenamiento deben determinarse antes de iniciar la construcción del filtro, y deben estar separados por la distancia mínima posible, la manipulación del PVC debe realizarse en un espacio abierto para evitar intoxicaciones, se recomienda que los recipientes se ubiquen de manera que niveles del líquido sean de mayor a menor el recipiente de captura de agua de lluvia, el filtro y el recipiente de almacenamiento de agua filtrada. También se recomienda realizar el cambio cuando se presente una disminución en la velocidad de filtrado, lo que indicaría que se ha saturado, o cuando la filtración deje de ser efectiva.

Como ya se mencionó, el filtro puede ayudar a retirar partículas de agua de lluvia, agua del grifo sin alta presencia de dureza, agua de pozo o ríos. Sin embargo, no es apto para aguas contaminadas con sustancias orgánicas (herbicidas, plaguicidas, etc.).

BAÑO SECO





6.3 Baños secos

Los baños secos son una instalación sanitaria particularmente útil en lugares donde no existe un buen sistema de drenaje de aguas negras, pues permiten no solo evitar la contaminación de cuerpos de agua y la dispersión de residuos fecales al aire con un mínimo de conocimientos técnicos, sino también ahorrar un considerable volumen de agua al tiempo que se puede obtener abono. Un baño seco bien instalado puede ayudar a disminuir los riesgos a la salud y mejorar el bienestar de una familia y su comunidad.

Tabla 4. Posibilidades y limitaciones de la ecotecnia “Baños secos”

| Posibilidades | | Limitaciones | |
|--|-----|---|------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Permitirá contar con servicio sin conexión a la red de drenaje • Casi no requiere agua para su funcionamiento • Es modular • Tiene una durabilidad muy alta | | <ul style="list-style-type: none"> • Debe tenerse cuidado con el manejo del agua para mantenerlos secos y no afectar su funcionamiento • Debe hacerse el manejo de las heces periódicamente | |
| Dinero | ••• | Tiempo | •••• |
| | | Dificultad | ••• |

Fuente: Elaboración propia.

Un baño seco se compone por un recipiente de tamaño acorde al uso, un asiento con tapa de W.C estándar y un sistema separador de orinas. Todo esto debe estar dentro de una caseta techada con puerta y ventilación adecuada. También puede contar con un mingitorio conectado a la salida del separador de orinas, lo que ayudará a separar las excretas. Opcionalmente, se puede instalar un lavamanos al interior o exterior de la caseta, ya que el agua empleada puede enviarse al drenaje o destinarse al riego (AgcdChile, AMEXCID, Fondo de Cooperación Chile - México, 2015).

Materiales

| Material | Unidad | Cantidad |
|----------|---------------|----------|
| Cemento | Bulto (50 kg) | 6 |
| Grava | Lata (19 L) | 5 |
| Arena | Lata (19 L) | 5 |



| Material | Unidad | Cantidad |
|--|---------------|----------|
| Malla electrosoldada de 10x10cm (1.20m altura) | metro | 2.10 |
| Tubo de PVC de 3" | metro | 3.3 |
| Block 14 x 20 x 40 cm | pieza | 54 |
| Taza separadora | pieza | 1 |
| Manguera | metro | 5 |
| Pegamento para PVC | Bote (473 ml) | 1 |
| Lija en tira | tiras | 5 |
| Codo PVC 3 " | pieza | 1 |
| T PVC 3 " | pieza | 1 |
| Costo aproximado \$4,155 | | |

Fuente: Elaboración propia con información de Fundación Río Arronte y Fundación Alfredo Harp Helú.

*Los materiales no incluyen la construcción de la caseta.

Herramientas

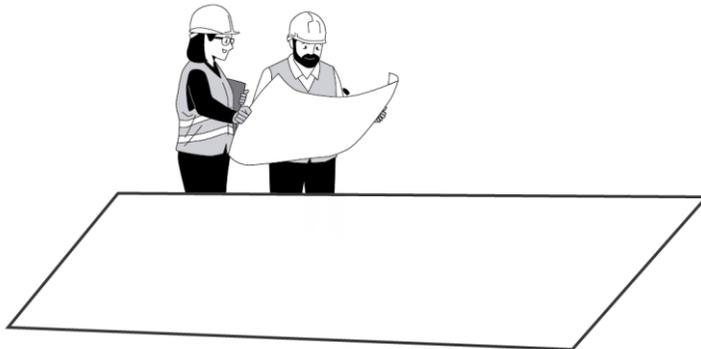
- 2 palas
- 2 picos
- 1 pisón
- 1 nivel de gota
- 1 flexómetro
- 2 cucharas de albañil
- 2 mezcleras
- 1 martillo
- Hilo plástico para trazar
- 3 botes de 19 L para mezcla
- 1 llana
- 1 plana
- 1 arenero de 4 mm
- 2 tablas o polines de 10 cm x 2.8 m
- 2 tablas o polines de 10 cm x 1.4 m
- 1 serrucho
- 1 cortapernos



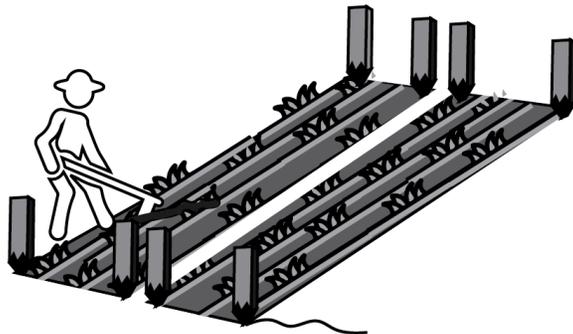
Construcción paso a paso

A continuación se describen los pasos para la construcción de un baño seco de doble cámara. Estos fueron sintetizados del trabajo de Agua limpia y suficiente para Santa María Yucuhiti. Se seleccionó un baño seco de doble cámara, ya que a diferencia de los baños de una sola cámara, los baños de doble cámara permiten la alternancia entre una y otra, y por lo tanto, requieren de menor mantenimiento. Así, una vez llena la primera cámara, se hace uso de la segunda mientras se continúa el secado de las heces en la primera.

Se requiere la participación de entre 5 y 10 personas para realizar la construcción descrita a continuación.

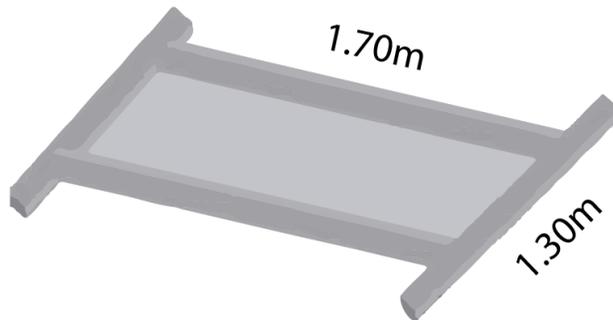


1. Ubicar el terreno donde se construirá el baño seco, de preferencia un área plana sin riesgo de deslizamientos o derrumbes, que no esté ubicada cerca de arroyos y cerca de la casa de los habitantes que van a utilizar el baño seco.

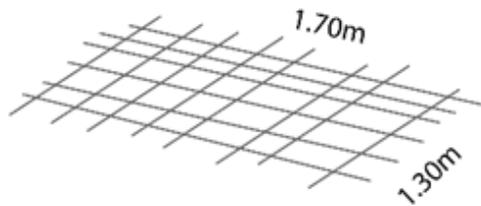


2. Limpiar el terreno, es decir, quitar la basura, escombros y yerba en una superficie de 1.90 x 1.50 m.

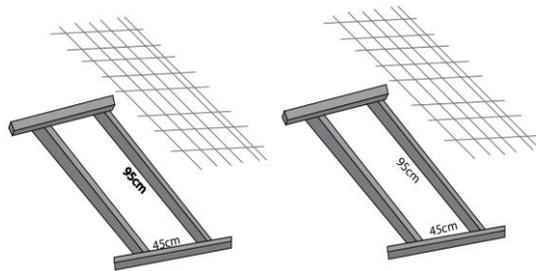
3. Realizar la compactación y nivelación del terreno con una manguera de nivel.



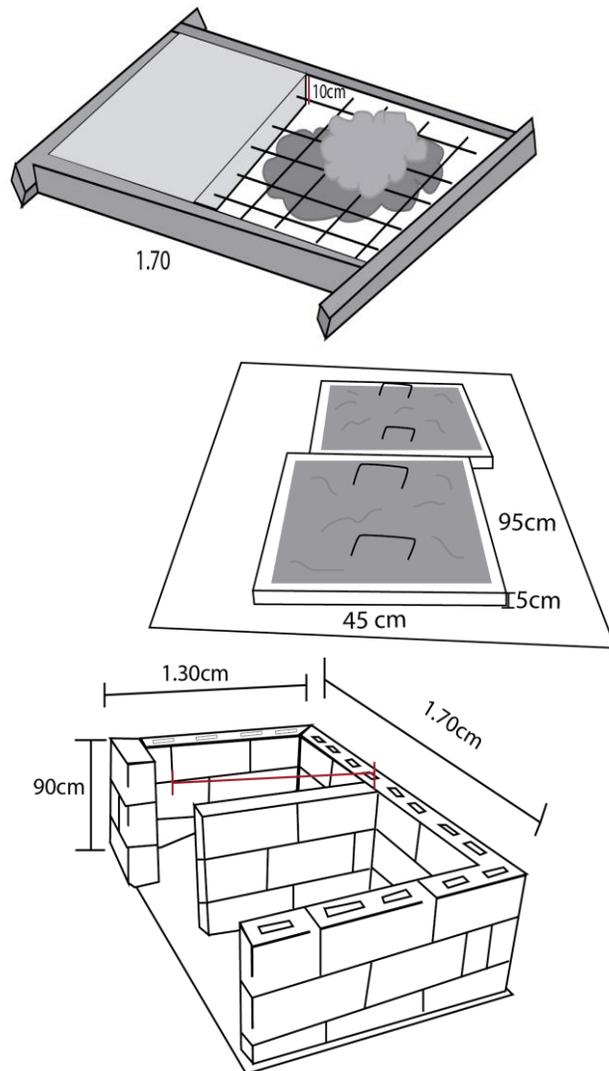
4. Medir 1.70 m de largo por 1.30 m de ancho y colocar madera sobre estas medidas para marcar el trazo de la construcción y para hacer la cimbra para la losa de construcción.



5. Preparar dos tramos de malla electrosoldada de 1.30 x 1.70 m (1 para la losa de cimentación y 1 para la losa del piso del baño).



6. Preparar 2 cimbras y 2 tramos de malla electrosoldada de 45 x 95 cm (para las tapas de las cámaras del baño).



7. Construir la losa de cimentación con un espesor de 10 cm, para ello se deberá realizar lo siguiente:

- Mezclar con revolvedora o de forma manual 2 bultos de cemento, 5 latas de grava, 5 latas de arena y agua.
- Humedecer el área antes de aplicar la mezcla.
- Al realizar el colado, asegurar que la malla quede dentro de la mezcla.

8. Hacer el colado para las tapas en las 2 cimbras de 45 x 95 cm con un espesor de 5 cm. Colocar las asas con el excedente de malla electro soldada, alambrcn o alambre.

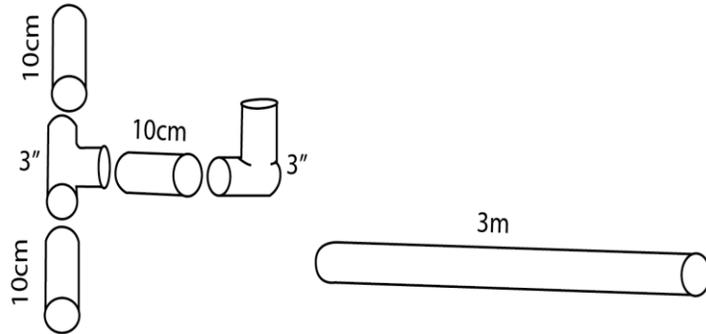
9. Levantar los muros de las cámaras, usando 54 blocks (15 x 20 x 40) pegándolos con mortero cemento arena en proporción 1:4.

Las dimensiones de los muros serán las siguientes:

- 1 muro de 170 cm de largo y 90 cm de altura
- 2 muros de 130 cm de largo y 90 cm de altura que quedarán en el ancho de la cimbra.
- 1 muro divisorio de 130 cm de largo y 90 cm de altura (colocado a la mitad del largo de la cimbra para dividir las 2 cámaras) en el que se deberá dejar la preparación para la colocación del tubo de PVC para gases de las cámaras.

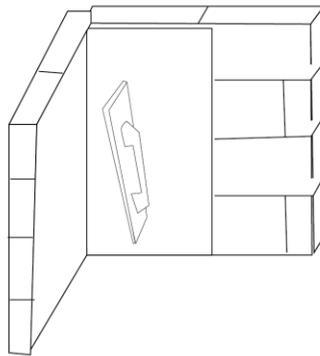


- Dejar sin terminar el área donde posteriormente se colocarán las tapas. Dejar un acceso a las cámaras de 45 cm para cada una.

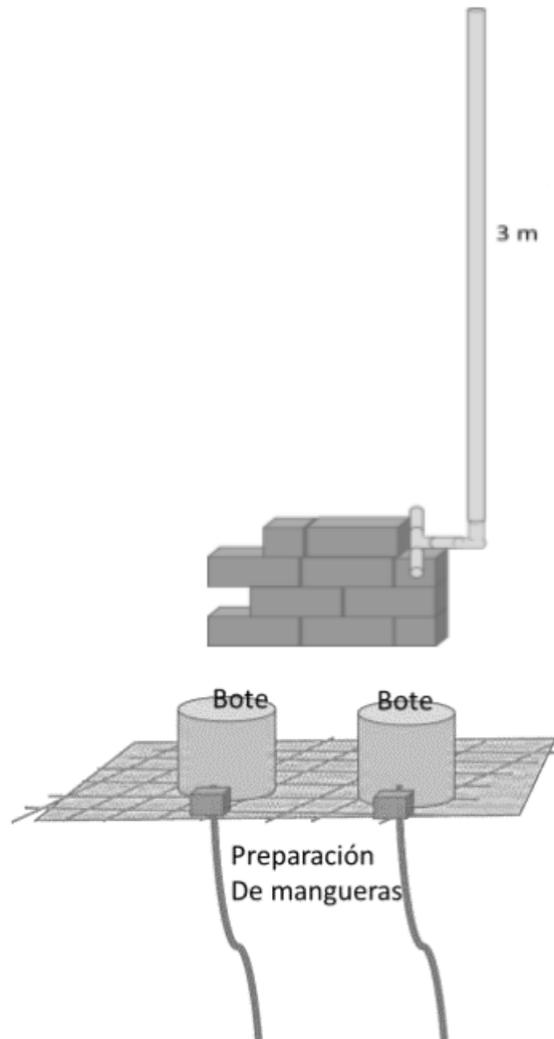


10. Armar el tubo de PVC para gases de las cámaras con:

- 1 codo de PVC de 3"
- 1 T de PVC de 3"
- 3 tramos de 10 cm de PVC de 3"
- 1 tramo de 3 m de PVC de 3"



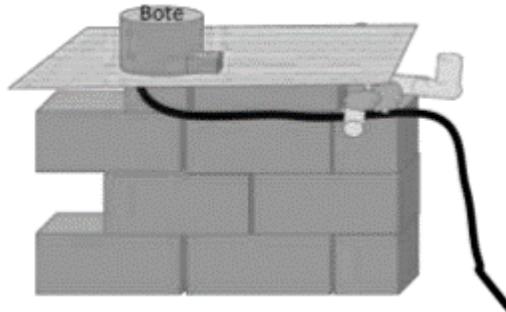
11. Realizar los aplanados interiores con un mortero con cemento y arena en proporción 1:4, utilizando medio bulto de cemento.



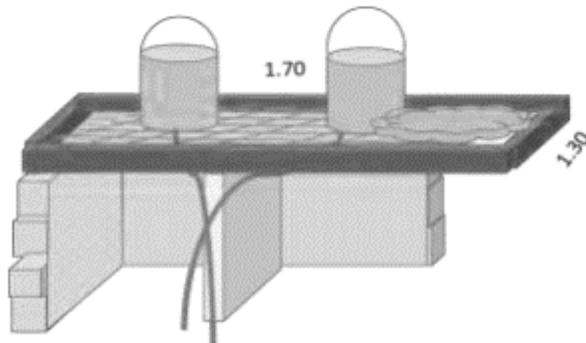
12. Instalar la tubería de gases y preparar la cimbra para el colado de la losa del piso del baño, colocándole la malla electro soldada restante, a la cual se le deberán realizar 2 orificios en la base no mayor a 40 cm (donde posteriormente se colocará la taza del baño).

Se sugiere usar 2 botes de plástico de 19 L para el espacio para la taza y 2 cajas de madera de 15 x 10 cm para el espacio para las mangueras de salida de orina.

Fuente: (Fundación Río Arronte, Fundación Alfredo Harp Helú).



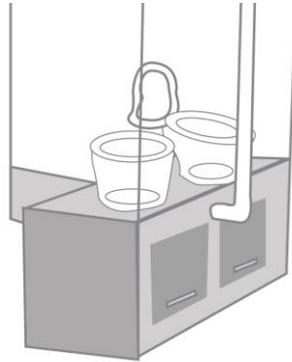
13. Colocar, en cada cámara ,2 tramos de manguera de 1"y de 2.5 metros de largo, para la salida de orina. Estas mangueras se conectarán a bidones de 20 litros y posteriormente, podrá ser utilizada como fertilizante.



14. Colocar la losa del piso del baño usando una mezcla de 2 bultos de cemento, 5 latas de grava y 5 latas de arena.

Fuente: (Fundación Río Arronte, Fundación Alfredo Harp Helú).

15. Cubrir las cámaras de desechos con una capa de tierra y ceniza, para que los primeros desechos no se peguen al fondo.



16. Colocar la taza separadora y las tapas de las cámaras del baño.

17. Construir la caseta del baño **de acuerdo a las preferencias y materiales de la región**. Se muestran ejemplos.

Fuente: (Fundación Río Arronte, Fundación Alfredo Harp Helú).

Consideraciones

Esta ecotecnia se puede emplear en combinación con los métodos de construcción mostrados en el Manual 3 Arquitectura Sustentable.

Cada vez que se termine de ocupar el baño seco, cuando únicamente se haya utilizado para orinar, se le puede echar unas gotitas de agua con ayuda de una botella con un pequeño orificio para limpiarlo con agua; en caso de haberlo usado para defecar, se le debe echar una mezcla de tierra y ceniza que debe ubicarse lo más cerca de los desechos para reducir la posibilidad de manchar la taza.

Una vez llenada la primera cámara que se seleccionó, se va a tapar la taza con una tapa de madera o de concreto para que no salgan los malos olores, que no entren insectos o los niños no puedan moverla.



Los residuos generados de materia orgánica contienen altas concentraciones de nutrientes, por lo que con un buen tratamiento desde el inicio junto con una buena construcción, se pueden utilizar como fertilizantes para plantas de ornato, agricultura o frutales, normalmente tarda de 9 a 10 meses el tener seco y preparado este fertilizante natural. Para verificar que la mezcla de heces y tierra y cenizas se encuentra completamente seca, se inserta una vara de madera, si ésta aún presenta humedad, se va a dejar secar más tiempo, pero si sale con tierra, entonces seca ya se pueden sacar los residuos generados

HUMEDALES





6.4 Humedales

Tabla 5. Posibilidades y limitaciones de la ecotecnia “Humedales”

| Posibilidades | | Limitaciones | |
|--|-----|--|----|
| <ul style="list-style-type: none"> • Permite tratar las aguas grises de manera sencilla y económica en casa • Mejora el aspecto visual de una vivienda • No genera malos olores ni encharcamientos • Se puede escalar para adaptarlo a mayores volúmenes de descarga | | <ul style="list-style-type: none"> • No permite tratar aguas negras • El espacio requerido dependerá del volumen de descarga de aguas grises • Debe vigilarse el estado de las plantas periódicamente | |
| Dinero | ••• | Tiempo | •• |
| | | Dificultad | • |

Fuente: Elaboración propia.

Los humedales artificiales son un sistema de tratamiento de agua residual poco profundo que simula la función de los humedales naturales. Se definen como áreas inundadas o saturadas de aguas superficiales o subterráneas, con frecuencia, duración o profundidad suficiente para mantener plantas adaptadas a crecer en suelos saturados o materiales rugosos como piedras, gravas, arenas o sedimentos finos (arcillas o limos) (Palma-Cabrera Esther Mireya, 2022).

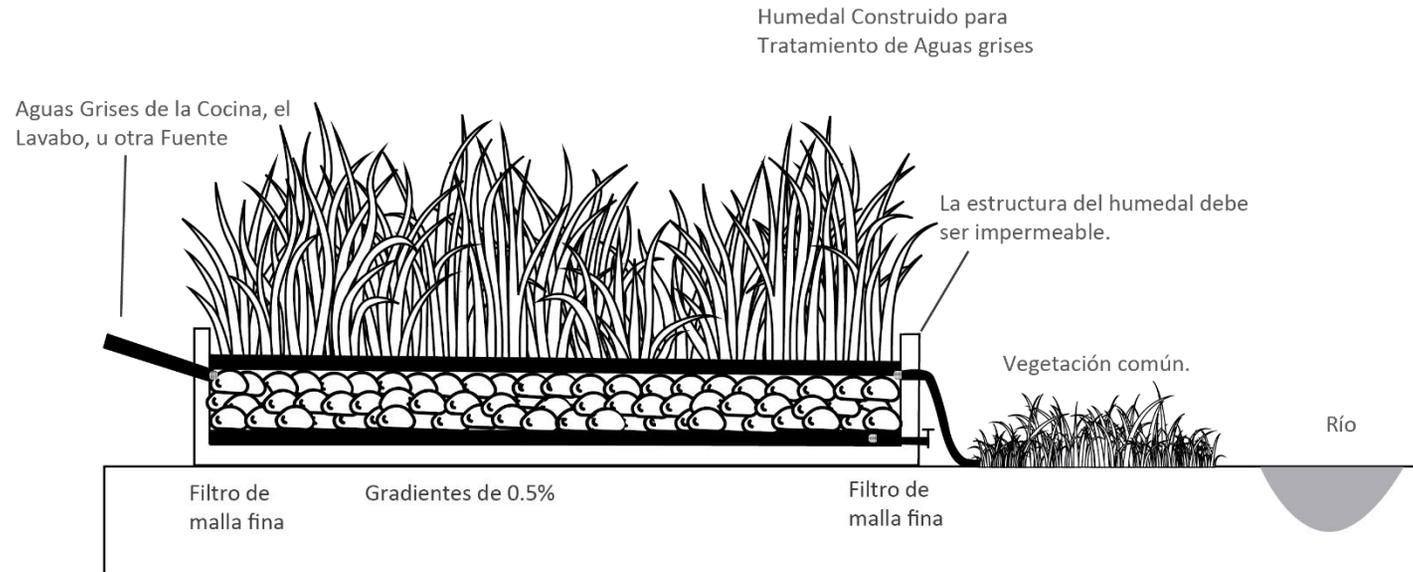
Funcionamiento

El sistema consiste en una capa delgada de 5 cm de arena, seguido de una capa gruesa de 45 a 75 cm de grava de tamaño pequeño a medio y termina con una capa delgada de 5 cm de tierra o pajote. La vegetación se planta en la capa superficial del suelo y las raíces crecen en el sustrato de grava.

En la figura siguiente se muestra un esquema horizontal de un humedal construido para el tratamiento de aguas grises (agua resultante del lavado de ropa, trastes, cocinado, lavado corporal y de manos). El agua fluye desde la casa o lugar donde se genera, pasa lentamente por el humedal para ser filtrada por procesos mecánicos y biológicos y sale del humedal en el mismo nivel como entró. Una manguera o tubo baja el agua al suelo y posteriormente, llega al agua superficial por gravedad, preferiblemente a través de una senda de vegetación.



Figura 4. Esquema horizontal de un humedal construido para el tratamiento de aguas grises.



Fuente: Elaboración propia con información de (Yocum, 2022).

Diseño de un humedal

Criterios

Antes de construir un humedal para el tratamiento de aguas grises se deben considerar los siguientes criterios:

- Este sistema se recomienda solo para tratar aguas grises, no aguas negras¹. Los humedales construidos también podrían utilizarse para el tratamiento de aguas negras, pero requerirían de un tratamiento previo, a través de, por ejemplo, un tanque séptico o filtro anaerobio.

¹ Las aguas negras provienen de los sanitarios, están contaminadas con materia fecal y orina.



- El agua debe estar disponible durante todo el año para mantener las plantas y las bacterias vivas.
- Los flujos grandes, como los causados por lluvias torrenciales, pueden agobiar el sistema, por lo que debe ser retirarse el exceso de agua hasta que el nivel esté debajo de la superficie de tierra.
- Las aguas grises deben fluir naturalmente vía gravedad en el humedal.
- El agua debe quedarse en el sistema por un promedio de 2-10 días (Jenkins 2005; Crites and Tchobanoglous 1998) para permitir el tratamiento por plantas.
- Las aguas grises no deben estancarse (para evitar el crecimiento de mosquitos).
- Las plantas de un humedal natural local pueden ser trasplantadas para el uso en el humedal construido o pueden ser compradas en un vivero local.
- Una pared o capa impermeable debe rodear el humedal entero para prevenir que las aguas grises salgan antes de ser tratadas completamente.

Selección del lugar

Para decidir la ubicación del humedal para el tratamiento de aguas grises se debe considerar lo siguiente:

- Debe ser ubicado para que reciba directamente el flujo efluente.
- La exposición total al sol es ideal para un humedal construido.
- Se recomienda una pendiente de aproximadamente 0.5% (medio centímetro de altura más abajo por cada metro de longitud) (Crites and Tchobanoglous 1998) para humedales construidos donde el flujo pasa subterráneamente. Por efecto de la gravedad, el flujo de agua puede viajar a través de la tierra, por el agua presente, y por el medio de plantas; después de que haya viajado la longitud completa del humedal, puede ser liberada en un campo abierto para la infiltración.
- Deben considerarse el uso de suelo y su acceso para futuro mantenimiento.
- Está seguro de que el dueño del terreno pueda mantener la instalación de un sistema de tratamiento de aguas grises en su propiedad, o que la comunidad entera esté a favor de un sistema construido en un área pública.
- No construir el sistema de tratamiento de aguas grises en un humedal preexistente.



Tamaño

El tamaño de un humedal construido depende de la cantidad de agua residual que va a tratar y de la cantidad de materia orgánica contenida en el agua. En general, 1 metro cúbico de humedal puede procesar cerca de 135 litros de las aguas grises (Yocum, 2022).

Para determinar con rigor el tamaño del humedal deben conocerse la temperatura mínima del ambiente del sitio propuesto (°C), la cantidad del DBO² producido actualmente y el nivel de DBO deseado para el agua que sale del sistema. Asimismo, deben calcularse la velocidad de reacción del sistema (la cual varía dependiendo el sistema) y el tiempo de detención (el tiempo que el agua debe quedarse en el sistema para alcanzar el nivel de DBO deseado). Por lo tanto, se recomienda contar con la asesoría de un experto en el diseño de humedales.

A modo de referencia y considerando que el consumo de agua potable en el clima templado o frío de los usuarios de clase socioeconómica media es de 16 m³/toma/mes, y que aproximadamente 60 % del total del consumo se convierte en aguas residuales grises (CONAGUA), el volumen de aguas grises de una casa en la zona urbana y periurbana de Puebla sería de aproximadamente 320 L/día.

Usando este caudal diario de aguas grises y las fórmulas descritas en el trabajo de (Yocum, 2022), el tamaño del humedal de flujo subsuperficial horizontal quedaría con los datos indicados en la tabla a continuación:

² Es un parámetro que indica la cantidad de materia orgánica contenida en una muestra de agua, determinada por el consumo de oxígeno que hacen los microorganismos para degradar los compuestos biodegradables (Ramos, 2021).

**Tabla 6.** Tamaño de humedal de flujo subsuperficial horizontal calculado para una casa promedio.

| Descripción | Volumen de agua grises al humedal (m ³ /día = 1000L/día) | Tiempo pasado en el humedal construido (días) | Profundidad del sustrato (m) | Anchura (m) | Longitud (m) | Total Área (m ²) |
|---|---|---|------------------------------|-------------|--------------|------------------------------|
| Casa promedio de clase socioeconómica media, en un clima templado o frío, con un consumo de agua potable de 16 m ³ /toma de agua/mes | 3.2 | 30 | 4 | 0.60 | 1.60 | 3.30 |

Fuente: Los cálculos están basados en ecuaciones presentadas en Crites and Tchbanoglous (Yocum, 2022).

Nota: La tabla original incluye valores estimados de DBO en el influente y el efluente para cada caso, mismos que no se incluyeron aquí.

Vegetación

Deben seleccionarse plantas que prosperen en aguas negras o grises, adaptadas a altos niveles de nutrientes y DBO. Las plantas encontradas en los humedales naturales cerca del área escogida para la construcción del humedal serían óptimas, ya que además estarían adaptadas al clima local; no obstante, también podrían conseguirse en algún vivero local. La vegetación emergente más comúnmente utilizada incluye las tifáceas, los juncos y los carrizos (United States Environmental Protection Agency, 2000).



Figura 5. Espadañas



Las tifáceas son una familia de plantas emergentes que abarca a aquellas comúnmente nombradas eneas, aneas y espadañas (Lara, 2022). La tifácea es ubicua en distribución, robusta, capaz de crecer bajo diversas condiciones medioambientales, y se propaga fácilmente, por lo que representa una especie de planta ideal para un humedal artificial. También es capaz de producir una biomasa anual grande y tiene un potencial pequeño de remoción de nitrógeno y fósforo por la vía de la poda y cosecha.

Figura 6. Juncos.



Los juncos son perennes (se conservan durante todo el año) y crecen en grupos. Son plantas ubicuas que crecen en un rango diverso de aguas interiores y costeras pantanosas. Crecen bien en agua que tiene una profundidad de 5 cm a 3 m. Estas plantas agresivas logran una eliminación alta de contaminantes (Yocum, 2022).

Figura 7. Carrizos.



Los carrizos son anuales y altos, con un rizoma (tallo que crece de manera subterránea y en sentido horizontal) perenne extenso. Los sistemas que utilizan carrizos pueden ser más eficaces en la transferencia de oxígeno porque los rizomas penetran verticalmente, y más profundamente que los de las espadañas, pero menos que los juncos. Son muy usados para humedales artificiales porque presentan la ventaja de que tienen un bajo valor alimenticio, por lo que no se ven atacadas por animales como otros tipos de plantas (Lara, 2022).



Selección de materiales

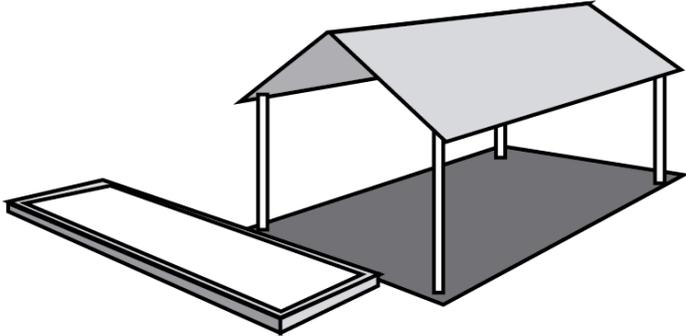
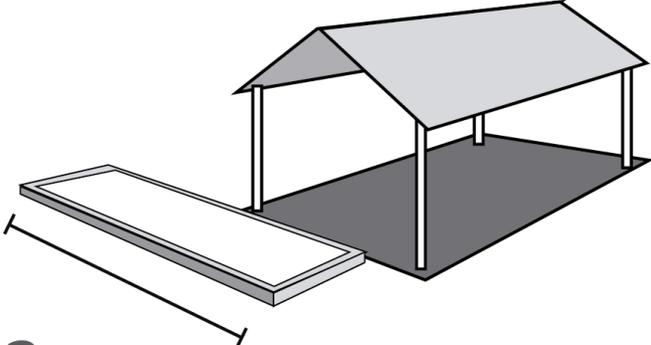
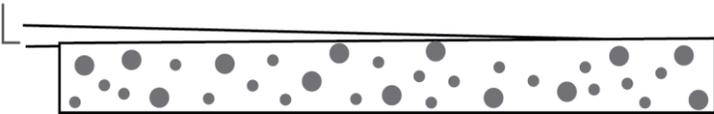
Al ser un sistema que estará en constante contacto con el agua se recomienda que desde un inicio se tomen en cuenta materiales que puedan resistir mucho tiempo a la humedad, tierra o grava y sol.

Materiales requeridos

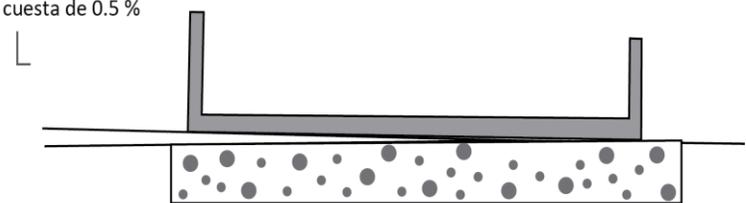
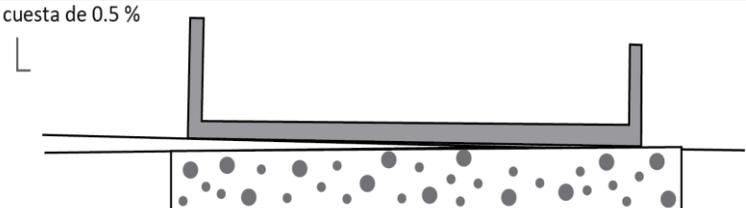
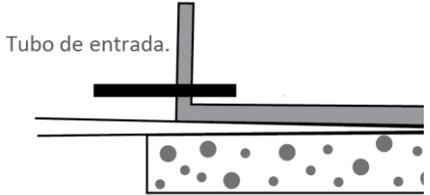
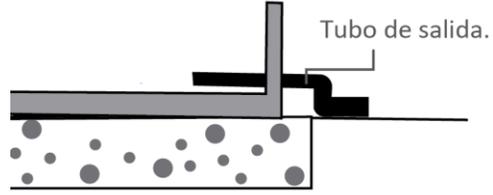
| No. | Material | Cantidad |
|------------------------------------|--|----------|
| 1 | Cemento (bulto de 50 kg) | 5 |
| 2 | Bloques de concreto macizo 12 x 20 x 40 cm | 70 |
| 3 | Tubos de PVC 1 1/2" (3 m) | 1 |
| 4 | Malla fina de plástico (27 x 34 cm) | 3 |
| 5 | Válvula (para desaguar la célula) | 1 |
| 6 | Arena (m ³) | 0.3 |
| 7 | Grava (m ³) | 2.4 |
| 8 | Cubierta de tierra (m ³) | 0.3 |
| 9 | Vegetación (Plantas) | 18 |
| 10 | Manguera | 1 |
| Costo aproximado \$3,986.00 | | |



Pasos de construcción

| | |
|--|--|
| <p>Identificar una ubicación para el humedal que conecte a la corriente de aguas grises.</p> |  |
| <p>Calcular el tamaño del humedal que se planea construir considerando lo descrito en la tabla anterior.</p> |  |
| <p>Verificar que el fondo de la celda tenga una pendiente o cuesta de 0.5 %.</p> | <p>cuesta de 0.5 %</p>  |



| | |
|---|---|
| <p>Construir la celda de humedal sobre la tierra, con blocks, cemento y concreto, dejando un espacio para conectar la corriente de aguas residuales a la entrada del humedal.</p> |  <p>Diagram illustrating the construction of a wetland cell. It shows a cross-section of the cell with a 0.5% slope (cuesta de 0.5 %) and an inlet pipe (Tubo de entrada) connected to the cell. The cell is filled with gravel (grava) and has a concrete base.</p> |
| <p>Incorporar una válvula de drenaje en el fondo de la celda, en el lado al fondo de la pendiente.</p> |  <p>Diagram illustrating the construction of a wetland cell. It shows a cross-section of the cell with a 0.5% slope (cuesta de 0.5 %) and a drainage valve (válvula de drenaje) installed at the bottom of the cell, on the side of the slope.</p> |
| <p>Incorporar el tubo de entrada de las aguas grises.</p> <p>a. Las aguas residuales deben ser distribuidas uniformemente en el área de la entrada, justo debajo de la capa de tierra. Para sistemas pequeños puede utilizarse un tubo o una serie de tubos perforados.</p> <p>b. Fijar una malla de plástico fina sobre la apertura para evitar que se tape.</p> |  <p>Diagram illustrating the construction of a wetland cell. It shows a cross-section of the cell with an inlet pipe (Tubo de entrada) and a fine plastic mesh (malla de plástico fina) installed over the opening to prevent clogging.</p> |
| <p>Crear un tubo de salida.</p> <p>a. El tubo debe estar a la misma altura que la entrada (apenas debajo del nivel de tierra).</p> <p>b. Instalar un filtro de malla fina de plástico para prevenir que el piso y la grava pasen por el tubo y causen estancamientos.</p> |  <p>Diagram illustrating the construction of a wetland cell. It shows a cross-section of the cell with an outlet pipe (Tubo de salida) and a fine plastic mesh (malla de plástico fina) installed over the opening to prevent clogging.</p> |



| | |
|--|--|
| <p>Colocar una capa de arena gruesa de 5 cm de espesor en el fondo de la celda.</p> | |
| <p>Agregar una capa de grava encima de la capa de arena.</p> <p>a. En los primeros 50 cm de entrada y los últimos 50 cm de salida del humedal, el diámetro de la grava debe ser de aproximadamente 5 cm de diámetro, esto con el fin de reducir el riesgo de obstrucción de la entrada y salida con sólidos suspendidos.</p> <p>b. En el resto del sistema, el tamaño de la grava deberá ser entre 0.5 y 3 cm de diámetro.</p> <p>c. La profundidad de la capa de grava deberá ser entre 45 a 75 cm, según los cálculos descritos previamente.</p> | |
| <p>Agregar una capa de tierra de 5 cm de profundidad.</p> | |



Colectar y sembrar plantas adaptadas a las condiciones del humedal y clima local, de un humedal natural local o de un vivero.

a. La parte con la raíz debe ser colocada aproximadamente 5 cm debajo de la capa de tierra orgánica.

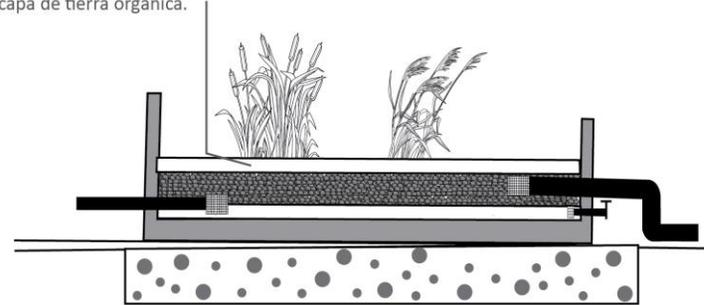
b. Las aneas deberán ser colocadas a una distancia de 1 m entre cada planta; los carrizos, juncos y espadañas pueden colocarse a 15 cm de distancia entre ellos.

Saturar el piso con agua hasta la superficie (sin sobrepasar) y permitir que se evapore lentamente, manteniendo el suelo húmedo durante todo el periodo de propagación, de aproximadamente 2 a 3 meses.

a. Después que las plantas se hayan establecido, utilizar el desagüe para bajar el nivel del agua en la celda y motivar que las raíces crezcan más profundo en el medio de la grava.

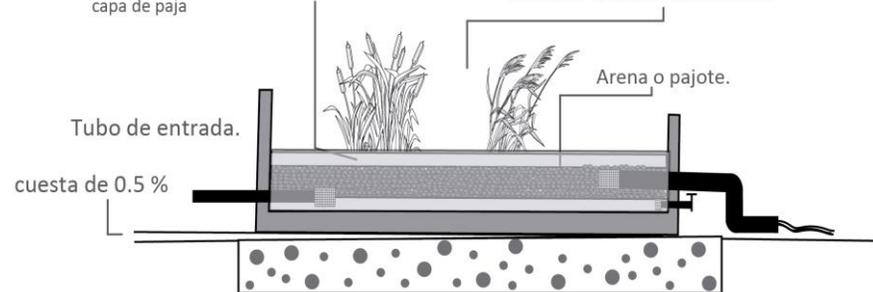
b. Las plantas deben establecerse bien antes de empezar a tratar las aguas grises. Las plantas que mueran pueden ser sustituidas.

- La parte con la raíz debe ser colocada aproximadamente 5 cm debajo de la capa de tierra orgánica.



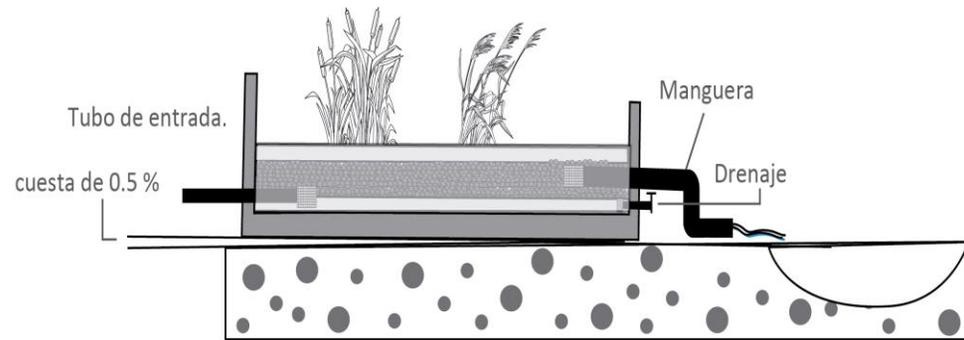
- La parte con la raíz debe ser colocada aproximadamente 5 cm debajo de la capa de paja

- Las aneas deberán ser colocadas a una distancia de 1 m entre cada planta; los carrizos, juncos y espadañas pueden colocarse a 15cm de distancia entre ellos





Conectar una manguera a la salida del humedal que baje el agua tratada o efluente al nivel del suelo, de esta forma se evita que el agua salpique cuando llegue al suelo y se reduce la erosión del área. Se recomienda que el agua tratada fluya hacia un agua un cuerpo de agua superficial pasando a través de un área con vegetación o un área llena con piedras.



The background of the slide features a repeating geometric pattern of concentric squares and circles in a light gray color. A dark gray horizontal band is positioned across the middle of the slide, containing the main title in white text.

ECOTECNIAS EN MATERIA DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA



DESHIDRATADOR SOLAR





7.1 Deshidratador solar

Tabla 7. Posibilidades y limitaciones de la ecotecnia “Deshidratador solar”

| Posibilidades | | Limitaciones | |
|---|----|---|----|
| <ul style="list-style-type: none"> • Permitirá deshidratar alimentos para su conservación • Los alimentos deshidratados mantienen sus nutrientes • Permitirá reducir la ingesta de conservadores y la generación de residuos orgánicos • Se pueden tratar varios alimentos a la vez • Al ser vertical, no demanda mucho espacio • Se puede escalar fácilmente | | <ul style="list-style-type: none"> • Depende de la cantidad de energía solar disponible • No funcionará correctamente en climas muy húmedos ni en días nublados • Algunos alimentos no son aptos para conservarlos mediante deshidratación | |
| Dinero | •• | Tiempo | • |
| | | Dificultad | •• |

Fuente: Elaboración propia.

La deshidratación es un método muy antiguo y ampliamente empleado en todo el mundo para la conservación de alimentos, tiene grandes beneficios como el aumento de su vida útil, ya que al eliminar el agua de ellos se inhibe el crecimiento microbiano y la actividad enzimática, permitiendo que se conserven en buen estado por más tiempo sin perder sus propiedades nutritivas. Asimismo, el proceso de deshidratación reduce el peso y volumen de los alimentos, disminuyendo los posibles costos de transporte y almacenamiento en caso de considerar su comercialización.

Un deshidratador solar es un dispositivo diseñado para aprovechar la energía calorífica del sol, mediante la concentración del calor en una cámara que contiene el aire caliente, misma que tiene la finalidad de eliminar el agua de alimentos como frutas, verduras, semillas, hierbas y carnes, mediante la evaporación.

El presente proyecto es una alternativa para la conservación de alimentos en zonas rurales y urbanas, ya que el proceso puede realizarse de manera artesanal, abriendo las ventanas de oportunidades para los pequeños productores, asimismo, su práctica permite incrementar la seguridad alimentaria y un sustento económico para las familias, pues la



comida deshidratada puede llegar a incrementar su valor a más del doble de su precio original, comparado con el mismo producto fresco.

Actualmente, muchos pequeños productores realizan la deshidratación artesanal mediante la exposición directa al sol, provocando una menor calidad del producto, por la exposición a la alta radiación solar directa y faltas sanitarias, como exposición a polvo, piedras, restos orgánicos, entre otros.

En el presente manual se hace la propuesta de un deshidratador solar cubierto, de bajo costo, de fácil construcción, que evita problemas sanitarios y proporciona alta exposición a la radiación solar. Algunos de los productos que se pueden deshidratar son:

Hortalizas

Acelga
Espinaca
Arvejas desgranadas
Apio
Berenjena
Brócoli
Cebolla de verdeo y puerro

Coliflor
Champiñones
Lentejas
Pimientos
Repollo
Tomate
Garbanzos, porotos,
habas

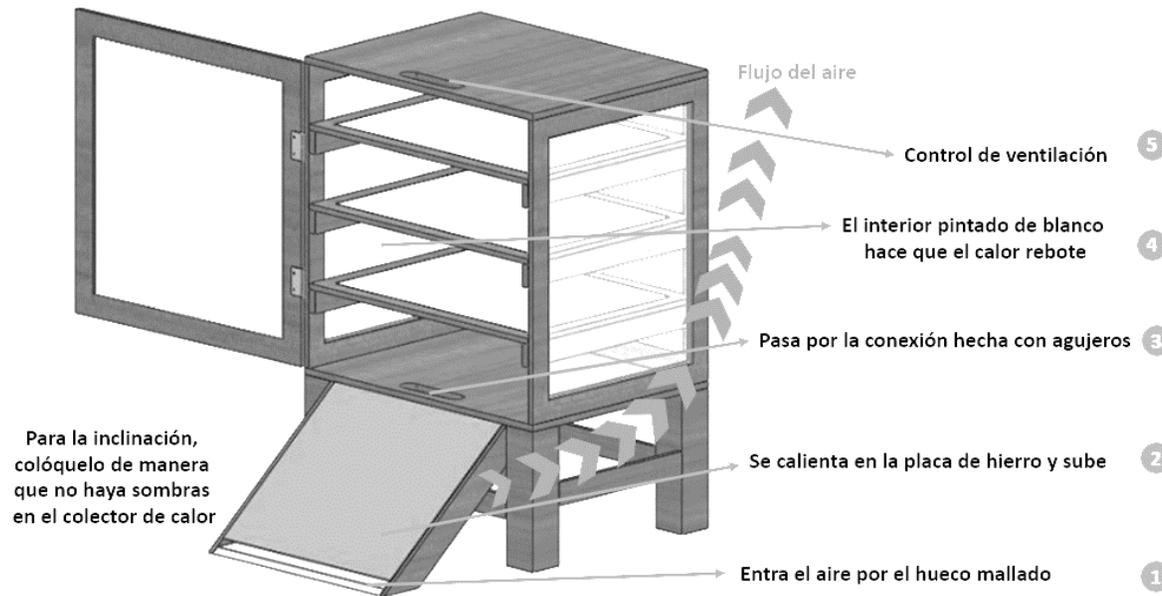
Frutas

Cerezas
Ciruelas
Damascos
Duraznos
Higos
Manzanas
Peras
Rosa mosqueta
Uvas
Hierbas de olor
Ajo
Jengibre

El deshidratador propuesto funciona de la siguiente manera:



Figura 8. Funcionamiento del deshidratador solar



Fuente: Elaboración propia.

El deshidratador solar cuenta con una cabina de tres niveles, superficie donde se colocarán los alimentos que se deseen deshidratar. Entre cada nivel se cuenta con una balda diseñada para que el aire puede pasar entre ellas, tal como se muestra en la figura anterior. Asimismo, se cuenta con una puerta móvil que permitirá introducir y sacar los alimentos, así como evitar que reciban la luz solar directamente.



Materiales requeridos

- Para la base puedes usar madera, conforme a la disponibilidad con la que se cuente en la zona.
- Panel de acrílico. (2 piezas de 80cm x 75 cm y 2 piezas de 40cm x 75 cm)
- Pegamento para madera
- Tirafondos de 4 X 40 mm
- Tirafondos de 3,5 X 12 mm
- Esmalte en aerosol negro
- Tornillo de M 6 X 60mm
- Bisagras para madera

Costo aproximado \$1,362.00

Para la base puedes usar madera, conforme a la disponibilidad con la que se cuente en la zona.



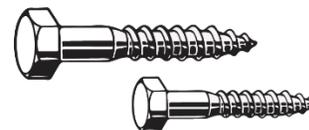
Panel de acrílico. (2 piezas de 80 cm x 75 cm y 2 piezas de 40cm x 75cm)



Pegamento para madera



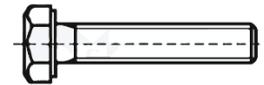
Tirafondo de 4x40mm y 3,5 x12 mm



Esmalte en aerosol negro



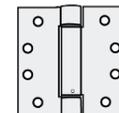
Tornillo de M 6 x 60 mm



Abrazaderas metálicas



Bisagras para madera

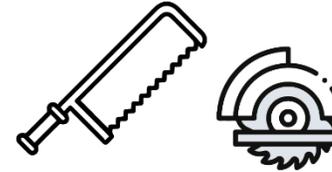




Herramientas necesarias

- Sierra circular (preferentemente) o sierra normal
- Disco para madera (para la sierra)
- Ingletadora
- Hoja de lija de grano medio
- Taladro atornillador
- Broca para madera
- Brocha para pintura
- Escuadra
- Flexómetro
- Transportador
- Malla para evitar el paso de polvo

Sierra circular (preferentemente) o sierra normal



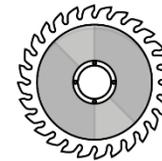
Taladro atornillador



Flexómetro



Disco para madera (para la sierra)



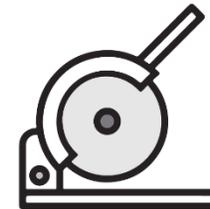
Broca para madera



Transportador



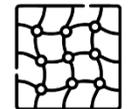
Ingletadora



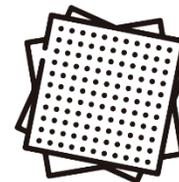
Brocha para pintura



Malla para evitar el paso de polvo



Hoja de lija de grano medio

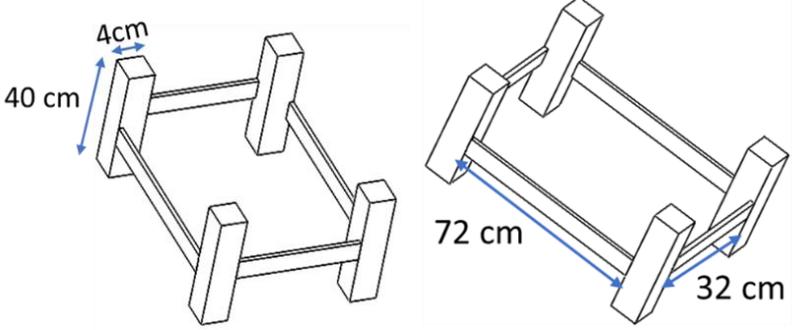
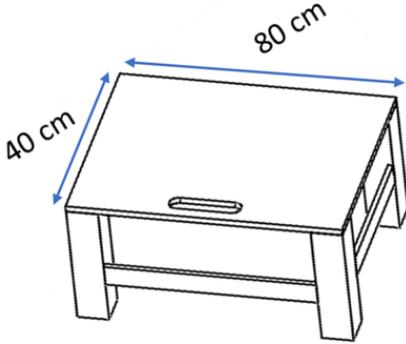


Escuadra



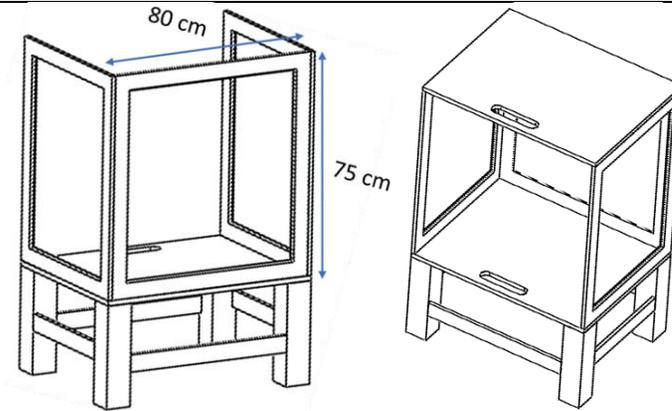


Construcción paso a paso

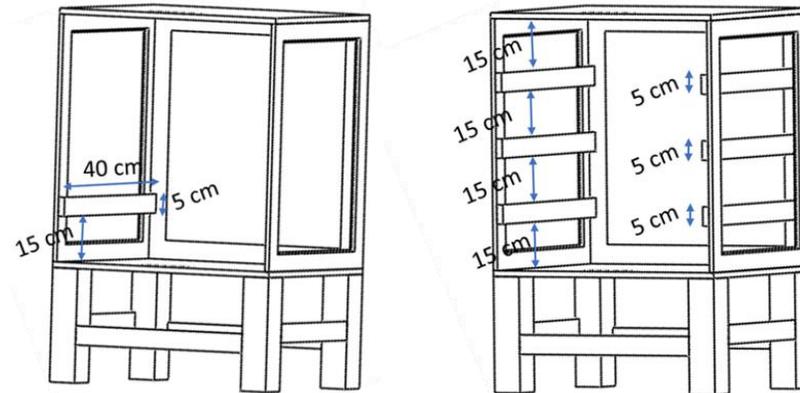
| | |
|---|--|
| <p>Para iniciar la construcción del deshidratador solar, primero debemos cortar:</p> | <ul style="list-style-type: none">- 4 piezas de madera de 40x4x4 cm- 2 piezas de madera de 72x4x2 cm- 2 piezas de madera de 32x4x2 cm |
| <p>Una vez se cuente con dichas piezas, se procederá a unirlas conforme a la siguiente figura</p> |  |
| <p>Una vez se encuentren fijadas, se cortará un rectángulo de madera de 40x80 centímetros, mismo que se fijará a la estructura que ya hemos realizado, quedando de la siguiente manera.</p> |  |
| <p>Posteriormente, se cortarán las siguientes piezas:</p> | <ul style="list-style-type: none">- 2 Marcos de madera de 40x75 centímetros- 2 marcos de madera de 80x75 centímetros- un rectángulo de madera de 40x80 centímetros- 6 rectángulos de 5x40 centímetros |



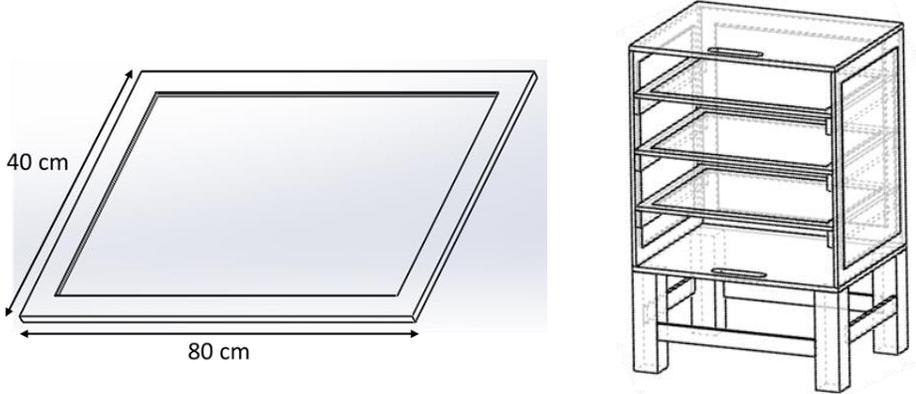
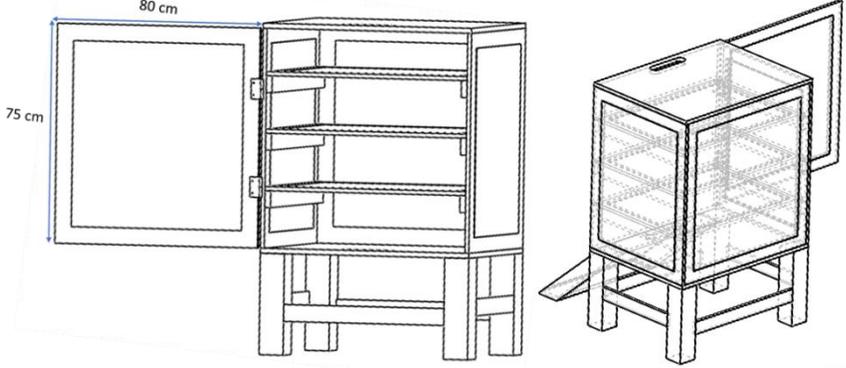
Se ensamblarán de la siguiente manera dentro de la estructura.



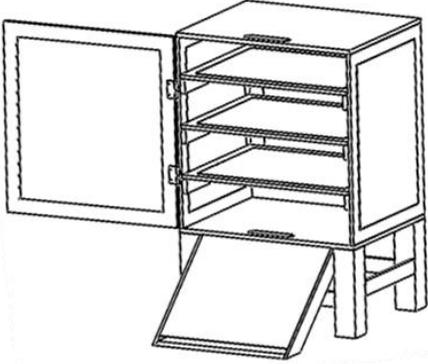
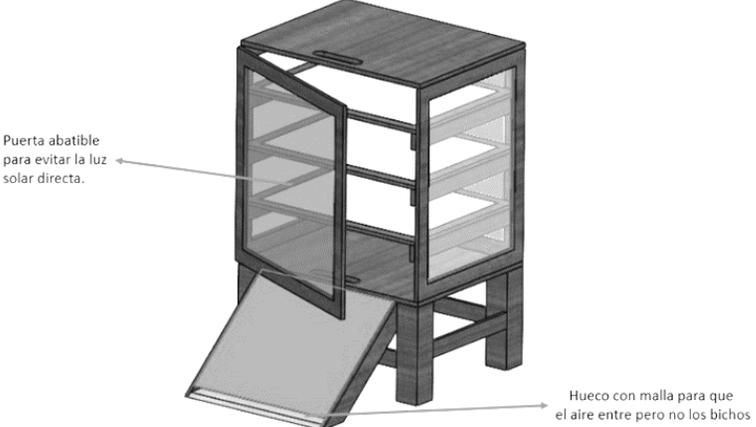
A continuación usaremos los 6 rectángulos de 5x40 centímetros para ensamblarlos en la estructura, como se muestra a continuación:
Estas piezas se deben colocar de tal manera que tengan un espaciado entre una y otra de 15 centímetros, para dar el espacio físico suficiente para colocar los alimentos y permitir que fluya el aire correctamente.





| | |
|--|--|
| <p>Enseguida cortaremos 3 piezas de madera de 40x80 centímetros, mismas que servirán para hacer los estantes del deshidratador y se colocarán de la siguiente manera</p> |  |
| <p>El siguiente paso es forrar los laterales del deshidratador solar con los paneles acrílicos, tal como se puede ver en la figura. Para resguardar el área donde se colocarán los alimentos, usaremos el marco de madera que habíamos dejado de lado temporalmente, y lo fijaremos a la estructura mediante bisagras, tal como se muestra en la figura.</p> |  |
| <p>Para el paso siguiente, se deberá contar con las siguientes láminas:</p> | <ul style="list-style-type: none">- 1 lámina de 80cm x 123 cm- 1 lámina de 80 cm x 148.5 cm- 2 láminas con forma de trapecio con las siguientes medidas:<ul style="list-style-type: none">o Base menor: 123 cmo Base mayor: 157.5 cmo Altura: 5 cm |



| | |
|---|--|
| <p>En la parte inferior, se colocará una superficie metálica hueca (puede ser aluminio, hierro, etc.) y se deberá pintar con un color oscuro, negro preferentemente, y tendrá la función de captar la radiación solar, calentar el aire dentro de ella, mismo que posteriormente subirá a la cabina donde se encuentran los alimentos para deshidratar.</p> |  |
| <p>Al armar la caja hueca deberá quedar un espacio en la parte inferior de la cara de enfrente (el lado donde quedará la puerta del deshidratador solar) mismo que deberá cubrirse con una malla que permita el flujo de aire, no obstante, impida la entrada de cualquier bicho, planta o cualquier otro que pueda contaminar el producto que se encuentra en el interior.</p> |  |

Instrucciones de uso

Paso 1. Seleccionar el producto a deshidratar. Para ello, se debe eliminar lo que no sea de buena calidad, ya sea porque estén demasiado maduras o verdes.

Paso 2. Una vez seleccionado el producto de mayor calidad, se debe lavar y desinfectar perfectamente.



Paso 3. Algunos alimentos, como la fruta, deben ser pelados y se les debe retirar las semillas y tallos. Es importante retirar la cáscara toda vez que el proceso de deshidratación hará que se vuelva más amarga y dura.

Paso 4. Para lograr una deshidratación más rápida y uniforme, el alimento a deshidratar deberá ser cortado en pedazos pequeños, en rebanadas, cuadritos, etc.

Paso 5. A continuación se deberá sumergir las frutas, hierbas u hortalizas (pueden ser enteras o en trozos) en agua hirviendo, que servirá para ablandar el producto y disminuir las bacterias. Este proceso deberá ser entre 1 y 4 minutos, dependiendo del producto.

Es recomendable hervir los alimentos en salmuera o ácido cítrico, con la finalidad de conservar mejor el sabor y propiedades nutricionales del producto.

Paso 6. A continuación, se saca el producto del agua y se escurre perfectamente hasta quitar el exceso de agua.

Paso 7. Se continúa con la colocación de los alimentos en las bandejas del deshidratador. Es importante señalar que el producto no debe estar encimado, y que para algunos alimentos será necesario darles la vuelta a las rodajas o mover los pedacitos, con la finalidad de asegurar una deshidratación uniforme.

Paso 8. El tiempo de deshidratación de los alimentos dependerá de la zona en la que se encuentre, la humedad del aire, la radiación solar captada, el alimento que se esté deshidratando y el tamaño en que se haya cortado.

El proceso de deshidratación suele tomar bastante tiempo, por lo que se deberá ser paciente. A continuación se muestra un tiempo estimado de deshidratación por alimento.

Tabla X. Tiempo de deshidratación de algunos alimentos

| Alimento | Tiempo de deshidratación (horas) | Alimento | Tiempo de deshidratación (horas) |
|-----------------|---|-----------------|---|
| Durazno | 24-36 | Apio | 18 |
| Fresa | 20 | Brócoli | 10 |



| | | | |
|-----------|-------|-----------|----|
| Higo | 10-12 | Cebolla | 20 |
| Manzana | 6-12 | Coliflor | 16 |
| Plátano | 8-16 | Espárrago | 20 |
| Pera | 24-36 | Espinaca | 15 |
| Piña | 24-26 | Papa | 12 |
| Uva | 24-48 | Pimiento | 12 |
| Zanahoria | 18 | Tomate | 26 |

Es importante remover el alimento periódicamente para cuidar el proceso de secado del producto, asimismo, para verificar que todo el producto se deshidrate de manera uniforme.

Paso 9. Una vez terminado el proceso de deshidratación, se debe dejar que el producto se enfríe para proceder a su evaluación.

Paso 10. El siguiente paso es separar el producto que no se haya deshidratado correctamente. Para verificar que un alimento este bien deshidratado, debe cumplir con lo siguiente:

- Las frutas deben ser flexibles, suaves y con poca humedad.
- Se deben tomar muestras y cortarlas a la mitad para verificar que el centro no cuente con mayor humedad.
- Las hortalizas deben ser quebradizas y sin humedad.

Paso 11. Una vez verificado el producto, se debe proceder a almacenarlo en contenedores sellables, de preferencia herméticos o al vacío, y guardarlos en zonas libres de riesgo de contaminación, lugares donde no les de la luz del sol, y se eviten entornos cálidos y húmedos. Por otra parte, se debe evitar que el recipiente donde se almacene sea susceptible al ingreso de vapor de agua, que pueda rehidratar el producto.



Lo anterior es de suma importancia, ya que un producto almacenado en malas condiciones puede ser susceptible al desarrollo de hongos, microbios, así como al ataque de insectos y roedores. Un producto deshidratado puede almacenarse hasta 12 meses, conservando su sabor y nutrientes.

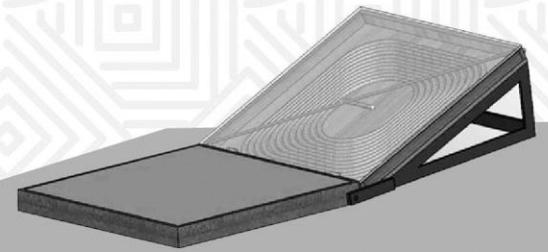
Consideraciones

Cabe señalar, que si se encuentra dentro del estado de Puebla, es recomendable que el deshidratador solar tenga en su superficie de captación un ángulo de 19° y que esté orientado al sur, toda vez que es la orientación donde el deshidratador captará la mayor cantidad de radiación solar. Las medidas en este manual son propuestas, no obstante, estas pueden ser modificadas dependiendo de las necesidades de cada persona, la ubicación donde se encuentren y la cantidad de comida que se desee deshidratar.

Antes de iniciar el proceso de deshidratación es importante tener en cuenta lo siguiente:

- Es recomendable usar guantes para manipular los alimentos
- Al manejar productos alimenticios, es de suma importancia mantener la limpieza para la manipulación de los alimentos.
- Todos los alimentos deben ser perfectamente lavados y desinfectados antes de iniciar su proceso de deshidratación.
- Mantener todos los utensilios de cocina perfectamente lavados y desinfectados prevendrá de contaminación de producto y posibles infecciones al consumidor final.
- Después de realizar la deshidratación, se debe desinfectar perfectamente el deshidratador solar.
- Nunca pruebe alimentos que luzcan o huelan raro, es mejor desecharlos. La mayoría de las bacterias que causan intoxicaciones alimenticias no tienen olor, color o sabor.
- Almacene los alimentos (antes y después de la deshidratación) en zonas libres de contaminantes, por ejemplo, lugares donde animales no tengan acceso.
- Si una vez que se ha almacenado el producto, se forma humedad en el interior del recipiente, quiere decir que no ha sido completamente deshidratado, por lo que deberá asegurarse que no se hayan formado ningún tipo de hongos, bacterias, y en caso de no ser así, deberá regresar el alimento al deshidratador unas horas más.

CALENTADOR SOLAR

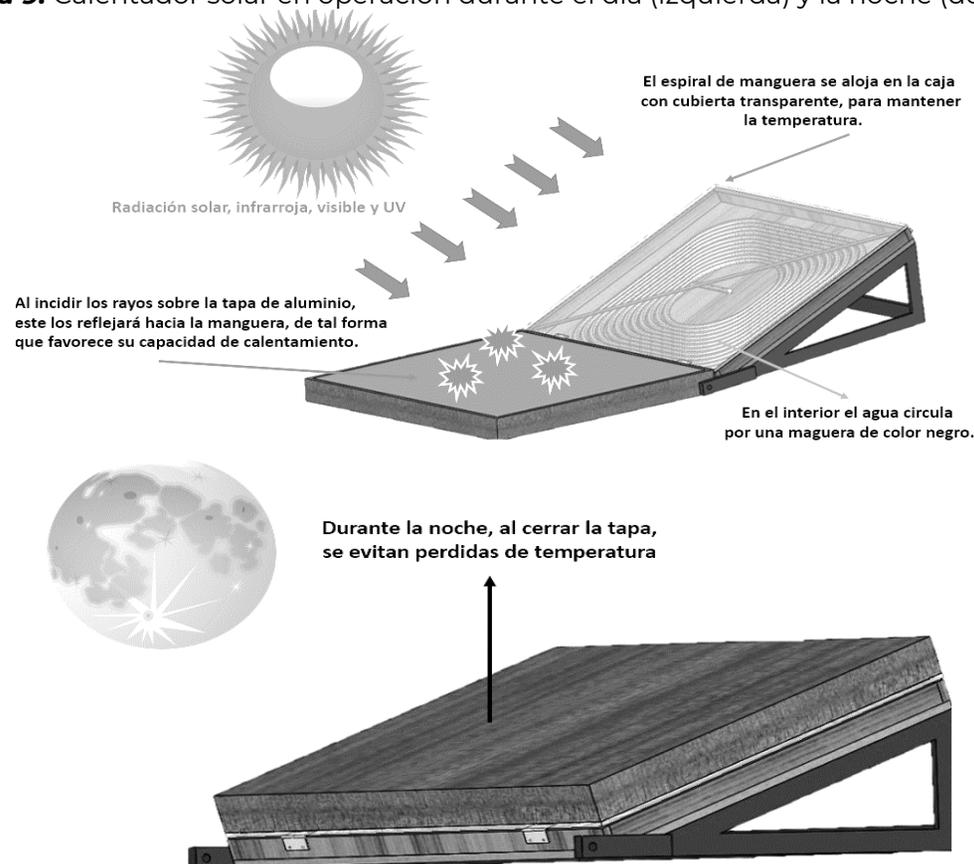




7.2 Calentador solar

Un calentador solar de agua es un dispositivo diseñado para captar la energía solar en una superficie que absorbe la luz del sol y la transfiere como calor al agua. En este manual se propone de construcción del calentador solar que se muestra a continuación.

Figura 9. Calentador solar en operación durante el día (izquierda) y la noche (derecha).



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8.** Posibilidades y limitaciones de la ecotecnia “Calentador solar”

| Posibilidades | | Limitaciones | | | |
|--|----|---|----|------------|----|
| <ul style="list-style-type: none">• Permitirá contar con agua caliente en casi cualquier lugar.• Es más económico que un calentador convencional• Sus materiales son fáciles de adquirir• Se puede escalar fácilmente para obtener mayores cantidades de agua caliente. | | <ul style="list-style-type: none">• No se puede hervir agua con esta ecotecnia• No se recomienda su uso para calentar agua para cocinar alimentos• Depende de la cantidad de energía solar disponible• Opera mejor en ausencia de vientos• Opera mejor en combinación con un tinaco elevado | | | |
| Dinero | •• | Tiempo | •• | Dificultad | •• |

Fuente: Elaboración propia.

El uso de este tipo de tecnologías, permiten reducir la quema de combustibles fósiles empleados para el calentamiento de agua, comúnmente gas natural, gas LP, carbón y combustóleo.

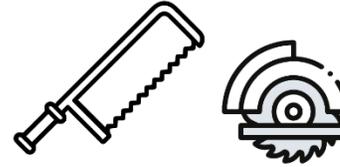
El calentador propuesto tiene un diseño sencillo que puede ser replicado por cualquier persona y adaptado a cualquier lugar. Durante el día, el calentador solar recibe la luz del sol y la absorbe como energía térmica (calor), y durante la noche resguarda el calor mediante una tapa abatible recubierta por un material reflejante y aislante. Esta tapa se recomienda sobre todo en lugares fríos donde la incidencia del sol es menor.



Herramientas

- Sierra circular (preferentemente) o sierra normal
- Disco para madera (para la sierra)
- Ingletadora
- Hoja de lija de grano medio
- Taladro atornillador
- Broca para madera de \varnothing 6 mm
- Broca-pala de \varnothing 20 mm
- Broca para metal con avellanador de \varnothing 4 mm
- Brocha para pintura
- Escuadra
- Flexómetro
- Transportador

Sierra circular (preferentemente) o sierra normal



Taladro atornillador



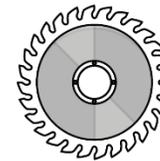
Escuadra



Broca para madera de 6mm



Disco para madera (para la sierra)



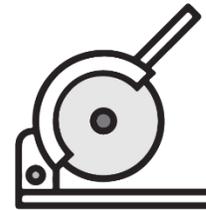
Flexómetro



Broca- pala de 20mm



Ingletadora



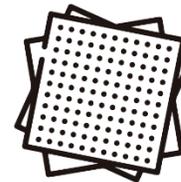
Transportador



Broca para metal con avellanador de 4 mm



Hoja de lija de grano medio



Brocha para pintura



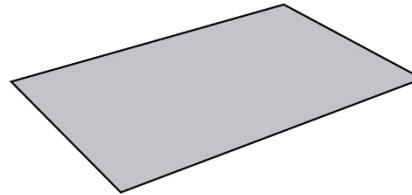


Materiales requeridos

- Madera
- Panel de acrílico
- Adaptador hembra para agua
- Manguera negra para agua
- Llave para manguera
- Codo inserción para agua
- Pintura negra para madera
- Brocha para pintar
- Jaladera para tapa
- Pegamento para madera
- Pijas para madera
- Silicón negro
- Abrazaderas
- Lija para madera
- Cinta para sellar tuberías de agua
- Ángulo de aluminio
- Aluminio adherible
- Barniz de madera para exteriores

Costo aproximado \$2,583.00

Para la base puedes usar: Contrachapa de chocho de 20 mm, MDF de 20 mm, u otro tipo de madera.



Panel de acrílico. (para este proyecto se propone de medidas 1x1 metros)



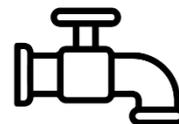
Perfil de aluminio de 20 x 20 mm



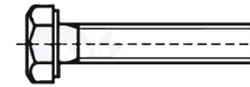
Pegamento para madera



Llave para manguera



Tornillo de M 6 x 60 mm



Manguera de plástico negro



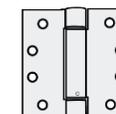
Racores de unión de 16 mm



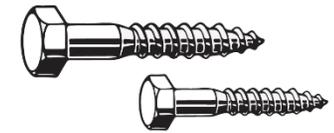
Abrazaderas metálicas



Bisagras para madera



Tirafondo de 4x40mm y 3,5 x12 mm



Listón de pino 30 x 10 mm



Esmalte en aerosol negro



Papel aluminio

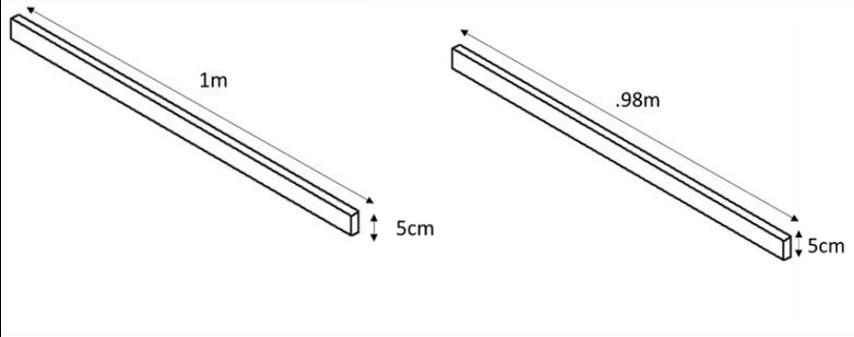
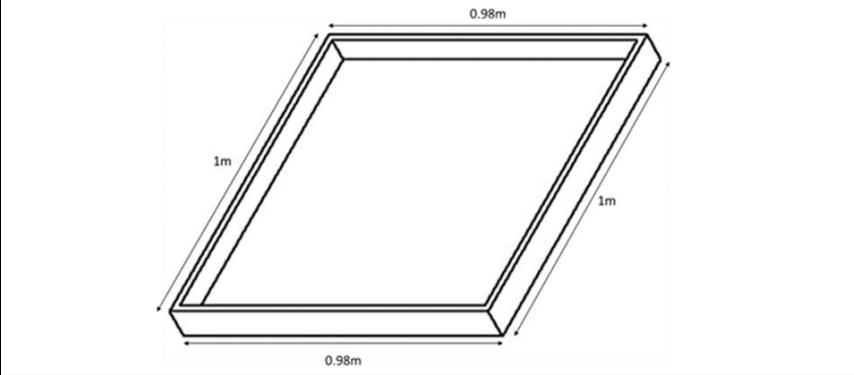
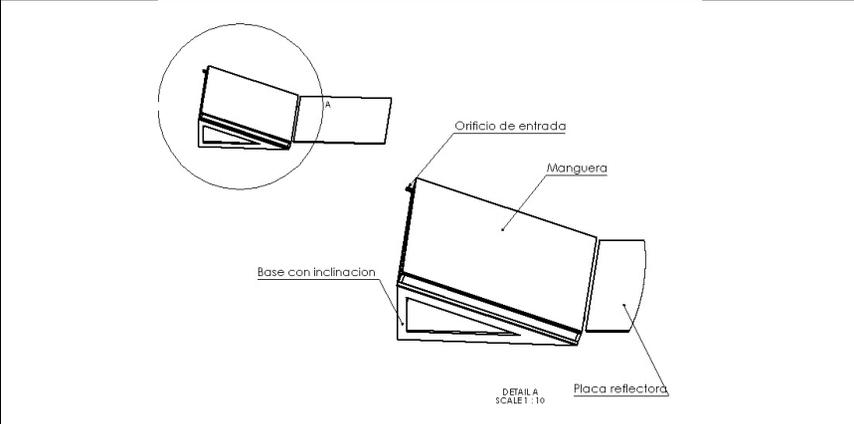




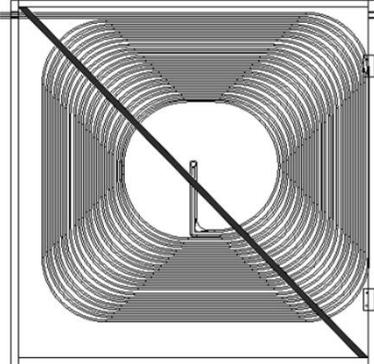
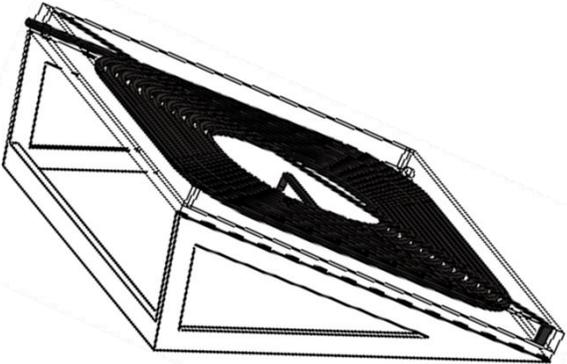
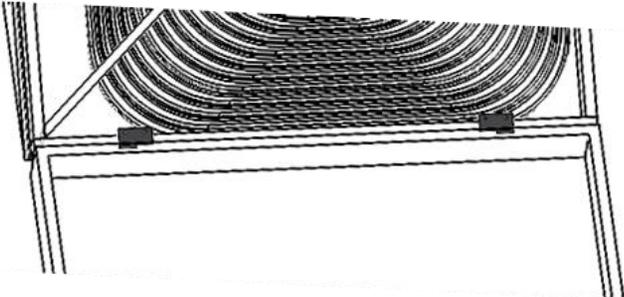
Construcción paso a paso

| | |
|---|--|
| <p>Para hacer la base del calentador, se deberán cortar pedazos de madera de las siguientes medidas:</p> | <ul style="list-style-type: none">• 3 piezas de un metro de largo• 2 piezas de 0.8 metros de largo• 2 piezas de 0.37 metros de largo |
| <p>Para darle la forma a la base, puedes guiarte con el siguiente diagrama.</p> <p>Cabe resaltar que estas dimensiones están pensadas para dar al calentador la inclinación óptima para absorber la mayor cantidad de energía solar en la latitud del estado.</p> | |
| <p>Para hacer la caja donde se alojará el sistema de calentamiento se deben cortar dos cuadrados de madera de 1 metro x 1 metro.</p> | |

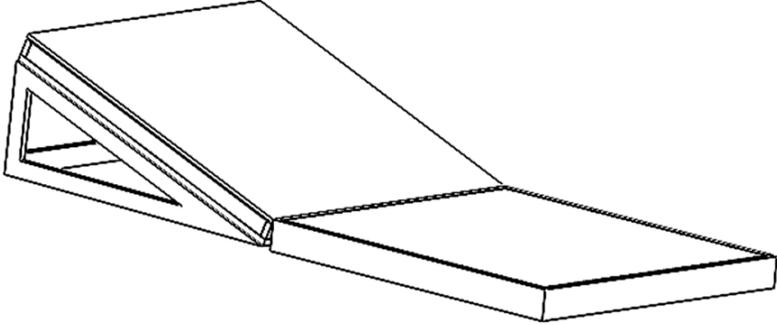
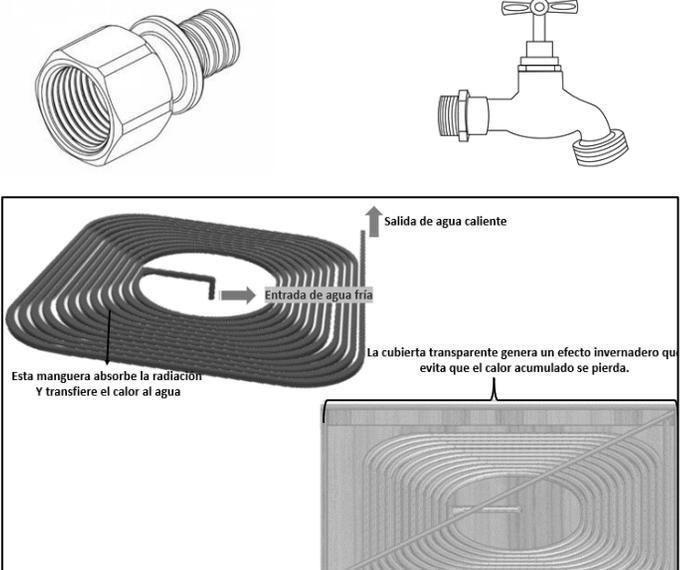


| | |
|--|--|
| <p>También se requiere cortar 2 piezas de madera de 7 centímetros de ancho y un metro de largo, y otras 2 piezas de 98 centímetros de largo, que servirán como paredes de la caja donde se alojará la manguera.</p> |  |
| <p>Las piezas cortadas se ensamblarán conforme a la figura mostrada para formar la caja del calentador.</p> <p>Para su armado, se recomienda unir inicialmente las piezas con pegamento para madera, y fijarlas después usando tornillos. Una vez fija, se procederá a pintar toda su parte interna de color negro para que absorba más energía.</p> |  |
| <p>Una vez terminada la caja donde se colocará la manguera, deberá fijarse sobre la base previamente armada, como se muestra en la figura siguiente (La manguera se incluye en el dibujo de forma demostrativa).</p> |  <p>DETAIL A SCALE: 1:10</p> |

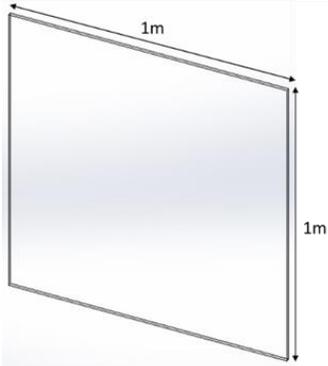
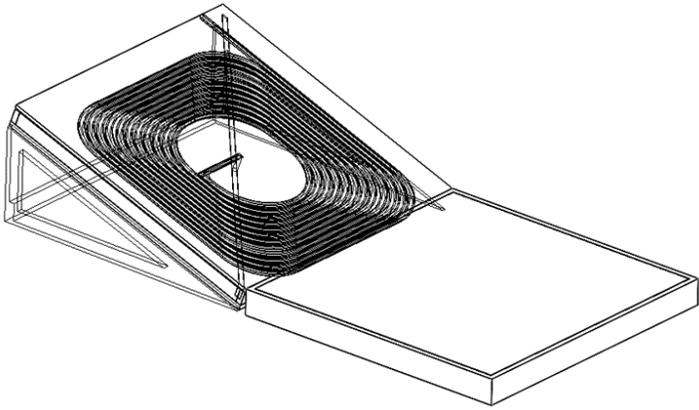


| | |
|---|--|
| <p>Cuando la pintura se encuentre seca, se deberá colocar la manguera (previamente enrollada) dentro de la caja. Una vez que el serpentín esté completamente armado, se recomienda colocar dos perfiles de aluminio que crucen toda la base, para fijar la manera, como se muestra en la imagen.</p> |  |
| <p>A continuación se practican las perforaciones de la entrada y la salida del agua, para luego hacer pasar los extremos de la manguera por ellos. Se recomienda colocarle abrazaderas para impedir que se juegue, conforme se muestra en la siguiente imagen.</p> |  |
| <p>El cuadrado de madera de 1m x 1m restante se unirá a la base del calentador solar por medio de bisagras. Dicho cuadrado no es necesario incorporarlo, no obstante, en caso de que el calentador se vaya a usar en un lugar donde llueva y/o haga frío constantemente, se recomienda agregarlo para tapar la estructura durante la lluvia o noches para evitar que todo el calor se escape.</p> |  |



| | |
|---|--|
| <p>Asimismo, se puede recubrir la tapa con un material aislante y reflectante que coadyuve a reflejar la luz del sol durante el día e incremente la cantidad de calor captado y transferido al agua. A continuación se muestra la estructura con la tapa antes mencionada</p> |  |
| <p>Para la entrada del agua, se recomienda colocar un racor de unión de $\frac{3}{4}$ entre la manguera del calentador y la manguera de la fuente externa de agua. Para la salida de agua, se recomienda colocar un racor de unión de $\frac{3}{4}$ de pulgada en el extremo de salida del calentador junto con una llave para regular la salida.</p> |  <p>Esta manguera absorbe la radiación y transfiere el calor al agua</p> <p>Entrada de agua fría</p> <p>Salida de agua caliente</p> <p>La cubierta transparente genera un efecto invernadero que evita que el calor acumulado se pierda.</p> |



| | |
|--|--|
| <p>Una vez realizadas las conexiones, se coloca la cubierta de acrílico de 1m x 1m para que cubra el espacio donde se aloja la manguera. Para evitar infiltraciones, se recomienda usar pegamento y tirafondos para fijarla.</p> |  <p>A technical drawing of a square acrylic cover. The top and right sides are labeled with '1m' and arrows indicating the dimensions.</p> |
| <p>El calentador solar estará listo para usarse en cuanto se haya secado por completo.</p> |  <p>A 3D perspective drawing of the solar heater assembly. It shows a rectangular box with a hinged lid. Inside the box, a coiled black hose is visible, connected to a central vertical pipe. The lid is shown partially open, revealing the internal components.</p> |

Consideraciones

Para su correcto funcionamiento, es necesario ubicar el calentador orientado hacia el sur, y libre de objetos que obstruyan la luz del sol, preferentemente en una superficie alta (como el techo de la vivienda). Se recomienda colocar este equipo a continuación de un tinaco o recipiente elevado, la presión ayudará a su operación.

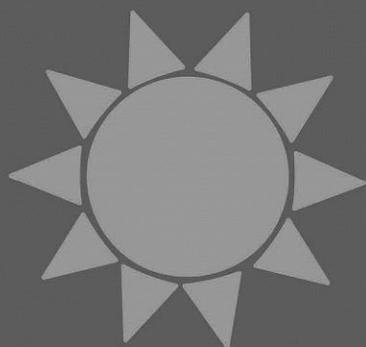
Las medidas aquí presentadas son propuestas y pueden replicarse más grandes o menores dependiendo de las necesidades que se deban cubrir.



La madera que se puede elegir para construir el calentador solar dependerá de los materiales a los que se tengan acceso, no obstante, a continuación mencionamos algunos tipos de madera que mejor se adaptan para resistir a exteriores:

- Madera palo de rosa
- Madera de pino
- Madera de teca
- Madera de bambú

No obstante, es importante que sea cual sea la madera elegida, es importante aplicar un recubrimiento de protector para maderas de exterior, mismo que permitirá extender la vida útil del calentador solar al evitar que se eche a perder por acción de la humedad y la luz solar.



ESTUFA SOLAR





7.3 Estufa solar

Tabla 9. Posibilidades y limitaciones de la ecotecnia “Calentador solar”

| Posibilidades | | Limitaciones | |
|--|---|---|------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Permitirá cocinar sin el uso de combustibles • Se puede emplear cuando el sol esté bajo o elevado en el cielo • Alcanza rápidamente la temperatura para cocinar • Reduce el riesgo de quemar los alimentos • Es económica y modular • Se puede escalar fácilmente | | <ul style="list-style-type: none"> • Depende de la cantidad de energía solar disponible • No se recomienda su uso en días nublados o con riesgo de lluvia • Debe reorientarse periódicamente para aprovechar correctamente la energía del sol • Funciona mejor en combinación con recipientes de color oscuro mate y con tapa | |
| Dinero | • | Tiempo | • |
| | | | Dificultad |
| | | | •• |

Fuente: Elaboración propia.

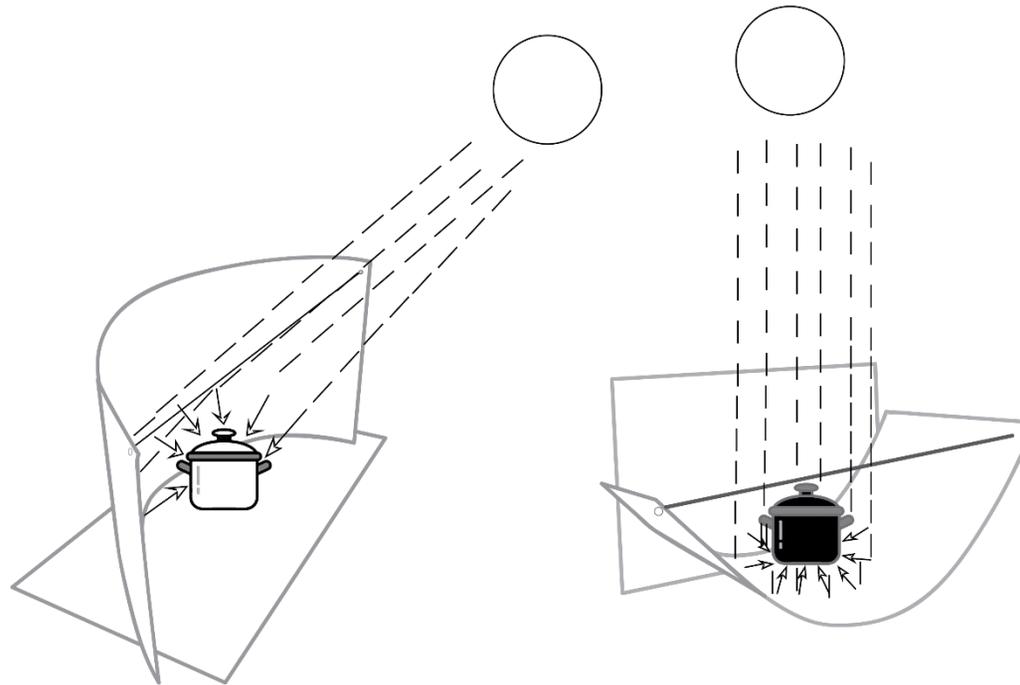
Las estufas o cocinas solares son dispositivos que aprovechan la radiación solar como única fuente de energía para cocinar alimentos. Existen diferentes diseños de estufas solares y generalmente recurren a la concentración de rayos solares en un punto determinado para realizar la cocción.

Se presenta a continuación el modelo de estufa solar CRISOL (Roulet, 2020), que es portátil, plegable, liviana (<5kg), económica, puede durar varios años sin problemas, permite cocinar en cualquier momento del día sin importar la elevación de sol y alcanza temperaturas de ~150°C, por lo que puede ser usada para cocinar verduras, postres, guisos o carne.

La estufa se puede usar en dos posiciones: cuando el sol está bajo en el horizonte (casi al inicio o al final del día), se coloca con la plancha plana hacia abajo; y cuando el sol esté alto (las horas alrededor del mediodía), se puede colocar con la plancha curva hacia abajo. Esto le da versatilidad a la estufa y le permite aprovechar la mayor cantidad de horas posibles de sol.



Figura 10. Zonas de incidencia de la radiación en la estufa solar y posiciones.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Tiempo estimado para la cocción de alimento en la estufa solar CRISOL.

| Alimento | Tiempo |
|--|---------------|
| Hervir agua (1 L) | 45 min |
| Pan (3 porciones) | 1-2 h |
| Arroz con leche (4 porciones) | 2h |
| Verdura al vapor (2 porciones) | 1-2 hora |
| Guiso con lentejas y papas (4 porciones) | 2 h |

Fuente: Elaboración propia con datos de (Roulet, 2021).

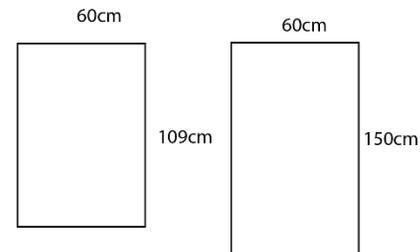


Material requerido

| Material | Cantidad |
|--|----------|
| Placa MDF 60x109cm | 1 pieza |
| Placa MDF 60x150cm | 1 pieza |
| Planchuela (3x4cm, x, x) | 1 pieza |
| Cordón de poliéster de 2mm | |
| Cordón de poliéster de 4mm | |
| Papel aluminio | 1 rollo |
| Pegamento vinílico, de preferencia con tapa dosificadora | 100ml |
| Cinta adhesiva de aluminio (5cm) | 1 cinta |

Costo aproximado \$596.64

*La placa de MDF considerada mide 1.22x2.44m, por lo que todas las piezas para dos cocinas se pueden obtener de una sola plancha.



- Placa MDF 60x109cm y 60x150



- Pegamento vinílico, de preferencia con tapa dosificadora



- Cordón de poliéster de 0.4mm y de 0.5



- Cinta adhesiva de aluminio (5cm)



- Papel aluminio



Herramienta

Espátula

Rodillo

Vela

Cerillos

Cutter/tijeras

Taladro y brocas (2mm y 5mm)

Regla y escuadras

Arco con segueta

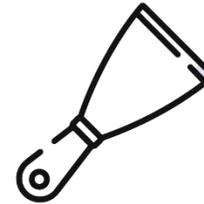
Paño

Tubo PVC*

*Hasta de un metro de largo, el diámetro no es relevante.

Antes de empezar, es prudente tener en cuenta lo siguiente:

- El proceso de construcción se realizará a lo largo de un día completo o en dos días por el secado del pegamento.
- Es necesario tener una mesa o un espacio plano y limpio para realizar las maniobras
- El papel aluminio tiene un lado mate y uno brillante. El lado mate será el que se unirá con pegamento a la placa
- La placa MDF puede tener un lado cubierto con papel melamina que es a prueba de agua, ese lado quedará al exterior
- Los pasos que incluyen la aplicación del pegamento deben hacerse rápidamente para evitar que se seque antes de tiempo



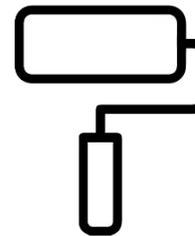
• Espátula



• Cerillo



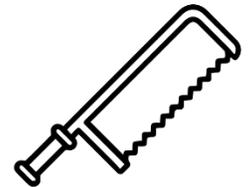
• Regla y escuadra



• Rodillo



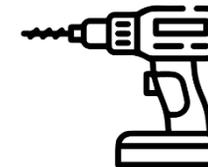
• Cutter/tijeras



• Arco con segueta



• Vela



• Taladro y broca (2mm y 5mm)

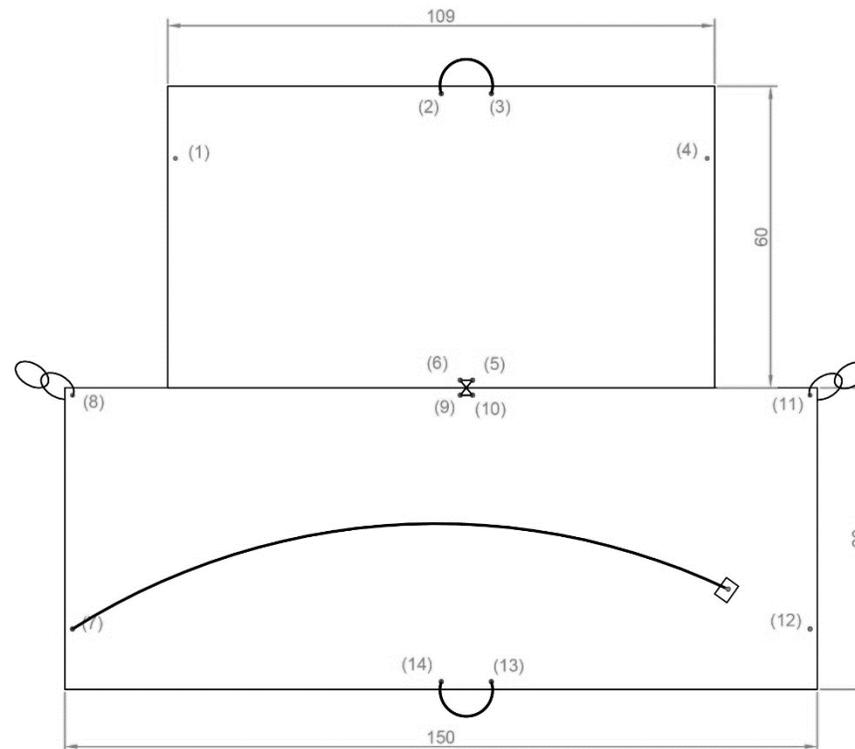
• Tubo de PVC



Construcción paso a paso

En la figura siguiente se muestran las partes principales de la cocina solar: las dos planchas de MDF con sus perforaciones numeradas, así como los cordones que se emplean para mantener unidas las piezas, moverla y llevarla a su forma curva.

Figura 11. Vista general de las partes de la cocina

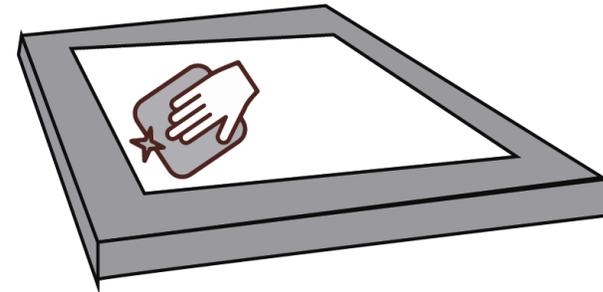


Fuente: Elaboración propia.

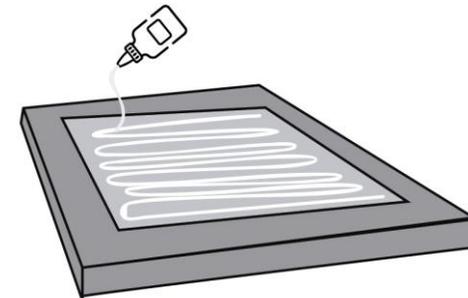


Aplicación de aluminio en las planchas

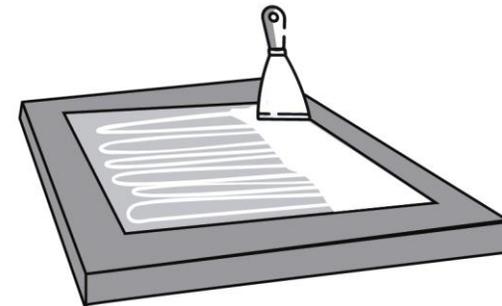
Humedecer y exprimir el paño, debe estar apenas húmedo, sin escurrimientos. Limpiar con él el lado de la placa de 60x109cm de MDF donde se aplicará el pegamento



Aplicar el pegamento en toda la superficie humedecida en líneas finas. Es preferente que haya líneas finas por toda la plancha y evitar excesos, ya que podría perjudicar el secado del pegamento

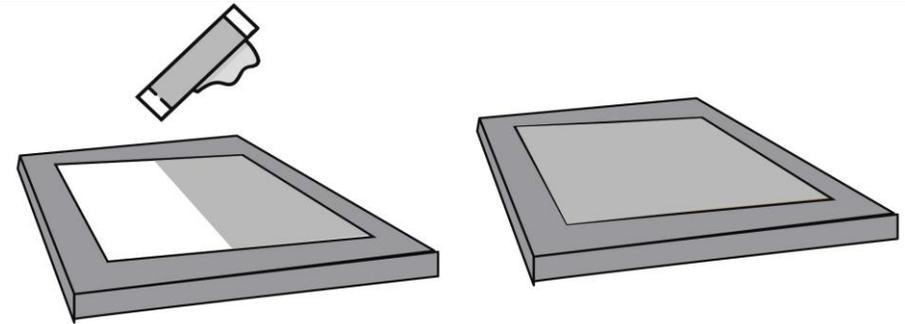


Distribuir el pegamento por toda la superficie con la espátula, deben cubrirse hasta las orillas sin dejar huecos y asegurándose de hacerlo de manera uniforme.

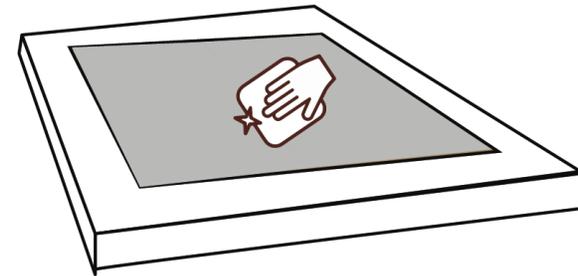




Se colocará el papel aluminio sobre la plancha con pegamento, cuidado de dejar el lado mate (opaco) del papel aluminio del lado del pegamento. Es importante evitar al máximo la aparición de arrugas, por lo que debe hacerse extendiendo el papel aluminio a lo largo de la plancha y en un solo movimiento. Para cubrir toda la superficie será necesario colocar más de un pliegue de papel aluminio, por lo que esta acción se repetirá, pero cuidando que los pliegues no se encimen, sino que queden al ras uno de otro, y que no haya espacios sin cubrir.

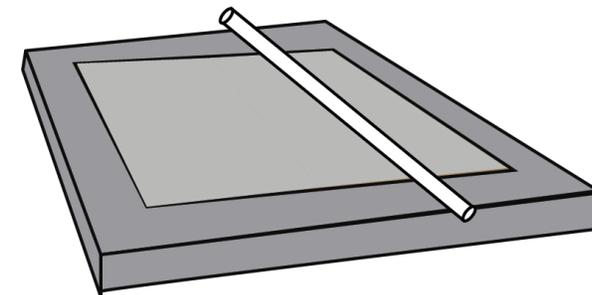


A fin de eliminar las arrugas, se pasará el paño del paso inicial sobre el papel aluminio desde el centro hacia afuera, esto para llevar las burbujas de aire que pudieran estar presentes hacia las orillas, donde pueden ser expulsadas.



Retirar el exceso de papel aluminio que sobresale de la plancha con el *cutter*, o las tijeras. No debe dañarse el papel aluminio que está pegado en la plancha.

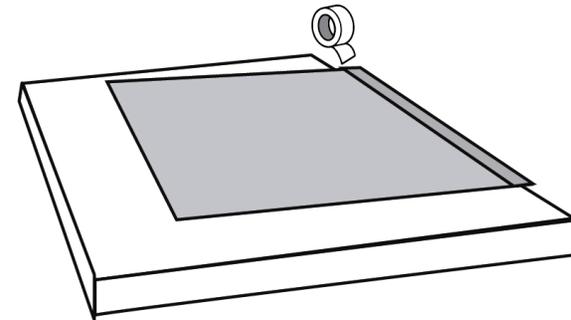
Pasar el tubo de PVC sobre la plancha para alisar lo más que sea posible el aluminio, empezando desde el centro y continuando hacia afuera, aplicando presión ligeramente





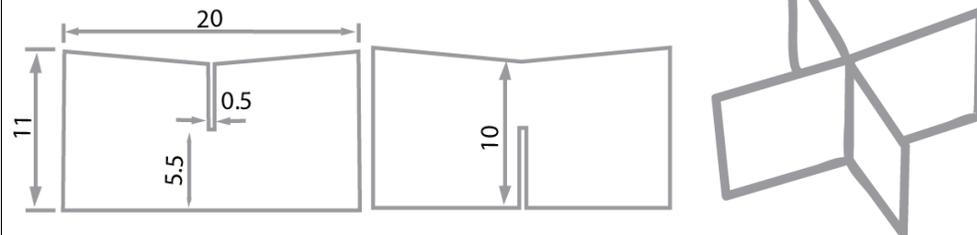
Dejar secar en una superficie plana, fresca y a la sombra. El tiempo mínimo es de al menos 2 horas, aunque es preferible que sea un día entero. Repetir para la otra plancha de MDF.

Cuando las planchas se hayan secado, se cubren las orillas con la cinta adhesiva de aluminio para protegerlas de la humedad.

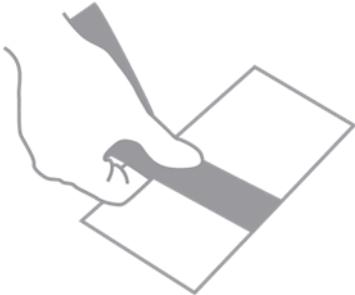
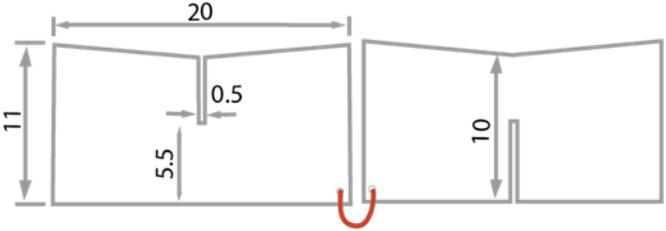
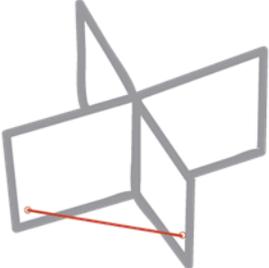


Base para la olla

Cortar dos piezas de MDF conforme se indica en la imagen, se usarán para la base de la olla. Las placas deben quedar lisas y sin imperfecciones, puede ser necesario lijar los bordes. Las placas deben embonar perfectamente formando una cruz.

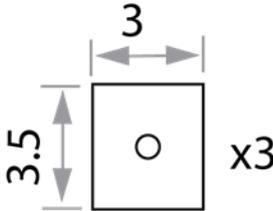
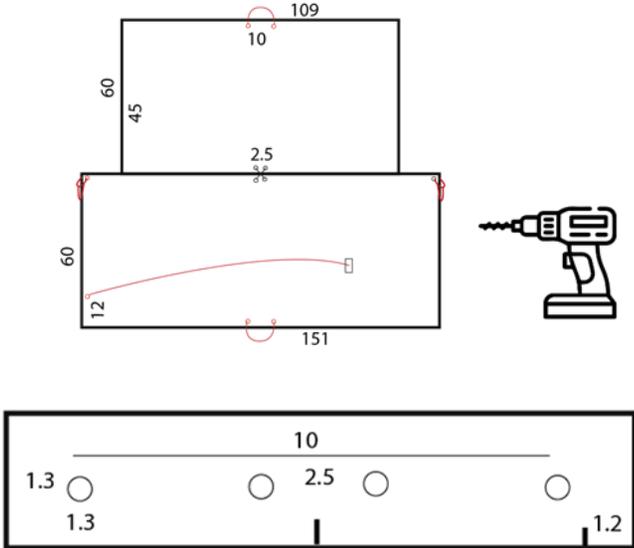




| | |
|--|--|
| <p>Forrar las placas con la cinta adherible de papel aluminio, yendo desde el centro hacia afuera.</p> |  |
| <p>Una vez forradas, colocar las piezas una sobre la otra y perforar con la broca de 2 mm los orificios indicados en la figura, estos servirán para unir las piezas mediante un cordón. Deben estar a 1.5 cm de las orillas.</p> |  |
| <p>Unir las dos piezas con el cordón delgado (1.4 mm) de tal manera que puedan mantener la forma ensamblada de arriba. Debe hacerse un nudo que no pueda pasar por el orificio perforado, se recomienda el nudo en 8.</p> |  |



Armado de la cocina

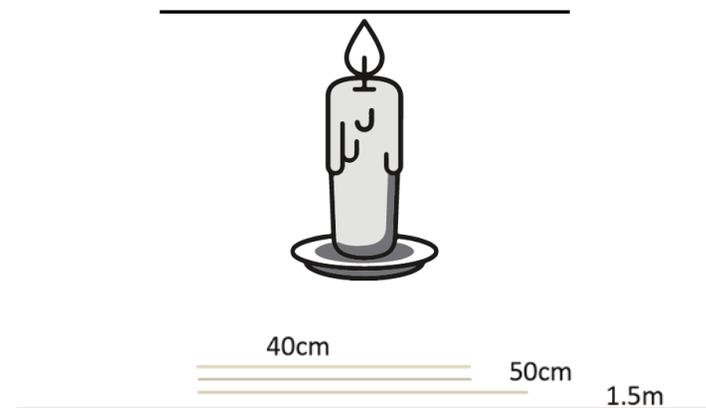
| Armado de la cocina | |
|--|--|
| <p>Cortar una pieza de MDF con las dimensiones mostradas en la imagen, debe realizarse una perforación en el centro con la broca de 2 mm</p> |  |
| <p>Se realizarán las perforaciones en las planchas grandes de MDF ya secas, tal y como se indica en la imagen. Servirán para mantener unidas las piezas de la cocina, para su transporte y manipulación. Los orificios de color rojo se realizarán con la broca de 5 mm, y los verdes con la broca de 2 mm. Todas las perforaciones deben estar a una distancia de 1.5 cm del borde. Las perforaciones 2,3,5,6,9,10,12 y 13, que servirán para unir las planchas y colocar las manijas, pueden realizarse en la plancha chica, para luego sobreponerla en la plancha grande y realizar las perforaciones en el mismo sitio. También puede prepararse un molde o guía como la mostrada para realizar las perforaciones con mayor precisión.</p> |  |



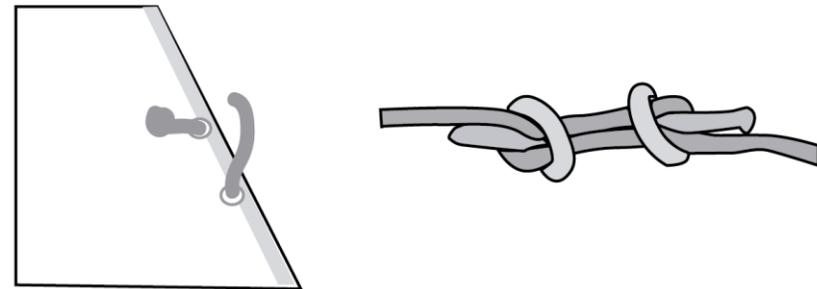
Unir las piezas con cordón. Se necesitarán cordones de las siguientes medidas:

- 2 cordones gruesos de 40 cm para las manijas
- 1 cordón delgado de 50 cm
- 1 cordón delgado de 1.5 m para curvar la plancha grande

Para evitar que los cordones se deshilachen, es recomendable quemar sus bordes con la vela previamente encendida y aplastarlos con dos pedazos de MDF.



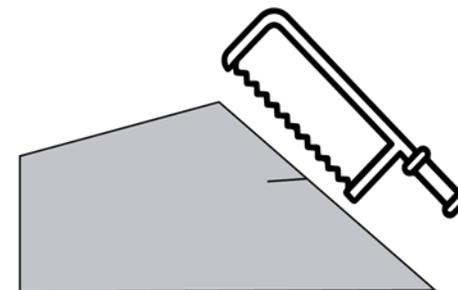
Colocar los cordones de las manijas en los orificios 2 y 3, y 12 y 13, y hacer un nudo para cerrar el cordón, se recomienda el nudo de pescador que se muestra en la figura, ya que es resistente y evitará que el cordón se mueva a través de los orificios.



Con serrucho o segueta, se hacen los siguientes cortes:

Plancha pequeña. Hacer un corte de 45° en los orificios 1 y 4, que servirán para mantener la estufa en su lugar.

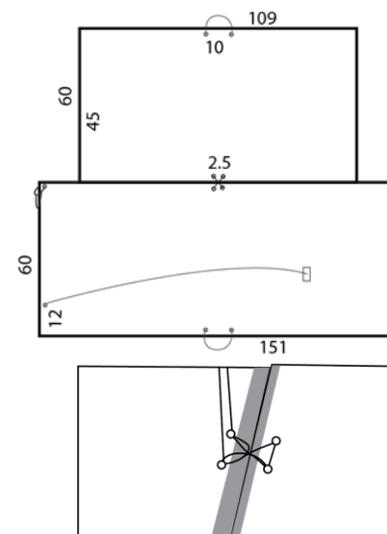
Plancha grande. Hacer un corte desde el orificio 14 de manera perpendicular al borde. Este corte servirá para curvar esta plancha.



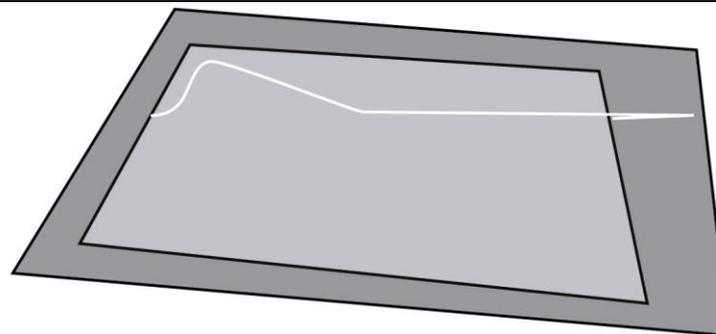


Se colocan las planchas sobre la mesa o espacio de trabajo con una separación de 5 cm, con el aluminio hacia arriba y con los orificios 5, 6, 9 y 10 próximos entre sí.

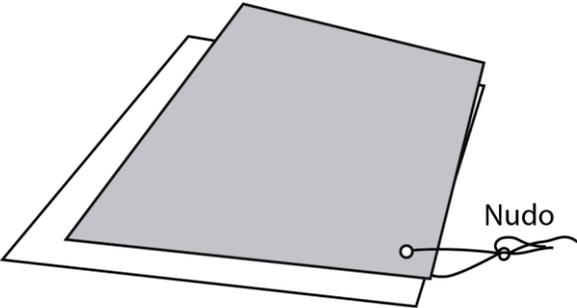
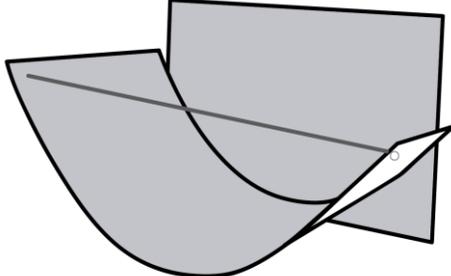
Se emplea el trozo de cordón de 50 cm para unir las mediante un nudo en cruz, como se muestra en la imagen, esto unirá las dos planchas. Es necesario que el cordón pase dos veces por cada orificio para dar mayor resistencia a la unión.



En el orificio 7 se inserta el cordón de 1.5 m y se anuda un extremo del cordón, el otro extremo se inserta en la perforación de la planchuela de 3x4cm y se corta a aproximadamente 114 cm del orificio de la plancha grande. Se hace un nudo para que la planchuela quede retenida.





| | |
|---|---|
| <p>En los orificios 8 y 11 se atan los cordones de 15 cm de largo, de manera que uno quede unido a la plancha y el otro quede retenido al primero. La abertura de los nudos debe permitir que se quepan dos dedos en cada cordón. Estos servirán para anclar la plancha curva a la plana.</p> |  |
| <p>Se arma la forma final llevando la planchuela al otro extremo de la plancha grande, lo que la curvará en forma aproximada a una parábola. Para unir las dos planchas, se ensartarán los cordones de los orificios 8 y 11 en las ranuras de los orificios 1 y 4.</p> |  |

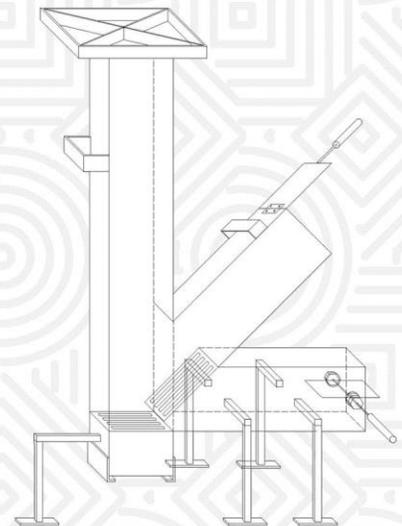
Para comprobar que la forma es la correcta, la plancha curvada debe sobresalir 2 cm de cada lado y sus lados cortos deben quedar a 114 cm uno de otro.

Consideraciones

A fin de aprovechar al máximo esta ecotecnia, pueden tomarse en consideración los siguientes consejos:

- Se pueden construir al menos dos estufas por el costo antes mostrado, ya que el material comprado es suficiente para ambas, y se pueden utilizar al mismo tiempo mientras se tenga espacio para ello.
- La estufa solar puede construirse en escala, es decir, multiplicando todas las dimensiones de las planchas por el mismo factor, esto le permitirá tener la energía para cocinar porciones más grandes de alimentos.
- Se recomienda que la olla en que se caliente sea de color negro mate u oscuro para que absorba la mayor cantidad de energía posible, y que cuente con tapa para evitar pérdida de calor por evaporación del agua. También que se eviten las ollas brillantes que puedan reflejar la luz solar.
- La cocina solar se desempeñará mejor si se reorienta en dirección al sol cada 15-30 minutos.

ESTUFA AHORRADORA





7.4 Estufa ahorradora de leña

El principal combustible natural utilizado para cocinar alimentos en las regiones rurales y marginadas es la leña, que se emplea en fogones tradicionales, que son prácticamente una fogata abierta en el interior de los hogares. Estas condiciones poco controladas impiden una correcta combustión y generan contaminantes que disminuyen la calidad del aire de la vivienda, pues las constantes emisiones de humo son inhaladas por los usuarios, lo cual puede afectar sus vías respiratorias. El principal objetivo de las estufas ahorradoras de leña es disminuir el consumo de este recurso energético, mejorando la combustión durante la elaboración de la comida.

7.4.1 Estufa ahorradora tipo *Rocket* de ladrillos

Se propone una estufa ahorradora de leña tipo *rocket* con alimentación en “V”, que consiste en una estructura construida con ladrillos o bloques de adobe (ver Manual 3 Arquitectura Sustentable para la elaboración de bloques de adobe), sencilla, eficiente, fácil de replicar y de bajo costo. Su estructura permite una ventilación activada por los mismos gases de combustión que mejora la eficiencia.

Tabla 11. Posibilidades y limitaciones de la ecotecnia “Estufa ahorradora tipo Rocket de ladrillos”

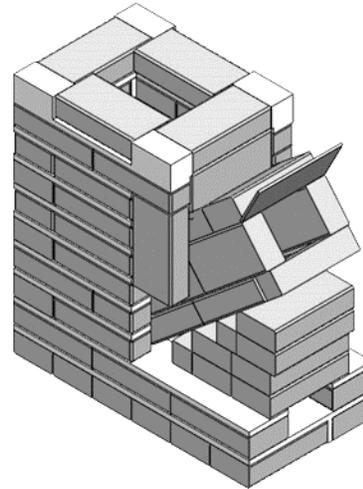
| Posibilidades | | Limitaciones | |
|---|---|---|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> • Permite un ahorro significativo de leña • Permite reducir significativamente la emisión intramuros de contaminantes • Se puede alimentar con cualquier combustible orgánico, como restos de cosecha • Es económica, fácil de construir y durable • Es modular • No requiere mucho espacio • Los componentes se consiguen en cualquier casa de materiales para la construcción | | <ul style="list-style-type: none"> • El material combustible empleado debe reducirse de tamaño para alimentar la estufa • Requiere el retiro de ceniza después de usarse y la limpieza de sus espacios internos al menos una vez a la semana • Debe dejarse secar totalmente antes de empezar a usarse • Es una estufa fija | |
| Dinero | • | Tiempo | ••• |
| | | Dificultad | •• |

Fuente: Elaboración propia.



Se espera que esto fomente un uso eficiente el uso del recurso forestal maderable y se contribuya a sustituir el fogón abierto.

Figura 12. Estufa ahorradora de leña tipo *rocket* con alimentación en “V”.



Fuente: Elaboración propia.

Materiales requeridos

Ladrillos (70 pzas. Aprox.)
Cal (2 bultos)
Cemento (1 bulto)
Arena (5 botes)

Herramientas

Cuchara de albañil
Mezclera
Pala cucharada
Arnero
Flexómetro

Costo aproximado \$782.00

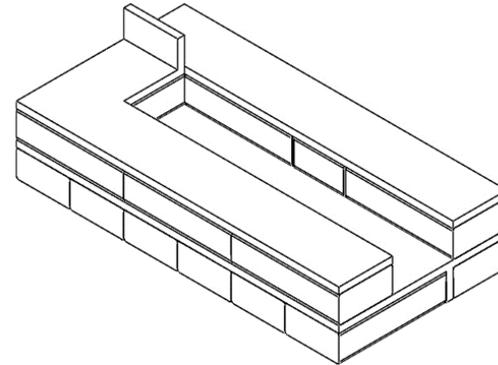


Construcción paso a paso

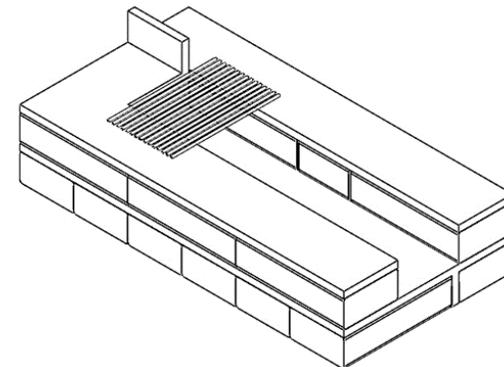
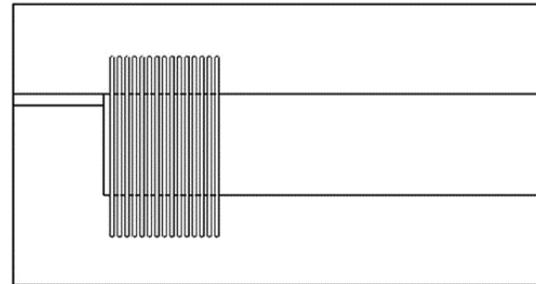
| | |
|--|--|
| <p>Para hacer la base de la estufa se pegan ladrillos de acuerdo con el ordenamiento de la imagen.</p> | |
| <p>Se coloca una capa de mortero sobre la primera cama de ladrillos, de aproximadamente de 1.5 cm de grosor.</p> | |
| <p>Se colocan ladrillos en forma de "U" para formar la parte interior de la estufa, cuidando de dejar un lado con un espacio abierto, mismo que servirá para construir la entrada de la leña para la estufa.</p> | |



Se coloca una segunda capa de mortero sobre los ladrillos colocados.



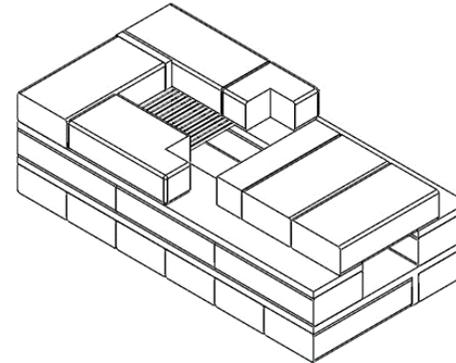
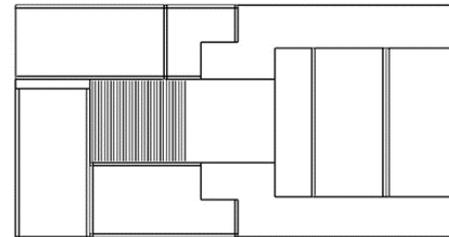
Se forma la rejilla metálica colocando varillas (aproximadamente 6 piezas) en la parte superior del fondo del espacio con forma de U.





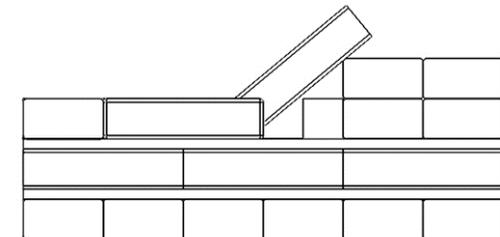
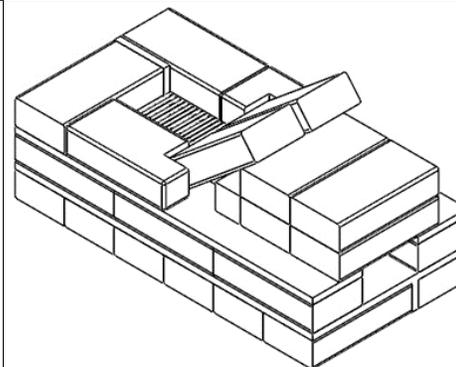
Se coloca la tercera capa de ladrillos como se muestra en la figura, cuidando hacer una “U” sobre la segunda capa de ladrillos, que llegue aproximadamente a la mitad. Colocar también dos ladrillos y medio cerca de lo que será del extremo que será la entrada a la estufa. Estos formarán la entrada de aire.

Será necesario realizar algunos cortes (usar una varilla y un martillo) y dar forma a algunos ladrillos (desgastar con la cuchara de albañil).



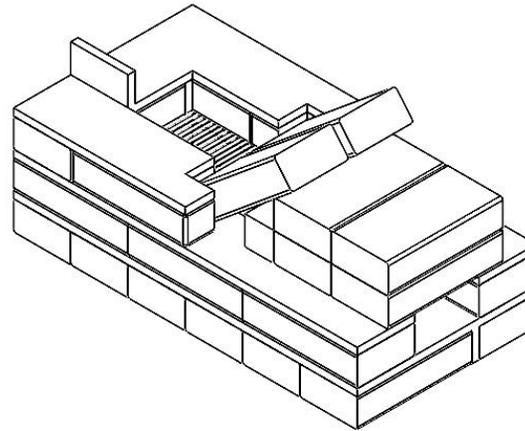
Se construye la base del orificio de entrada de leña en la estufa, mismo que se fijará sobre el espacio para la entrada de aire.

Para ello, se colocarán dos ladrillos más sobre los ladrillos que se pusieron en el extremo del frente de la estufa, y sobre estos se colocarán dos ladrillos inclinados a 45° aproximadamente que se apoyarán en el espacio de la cámara de la estufa y las dos capas de ladrillo frontales.



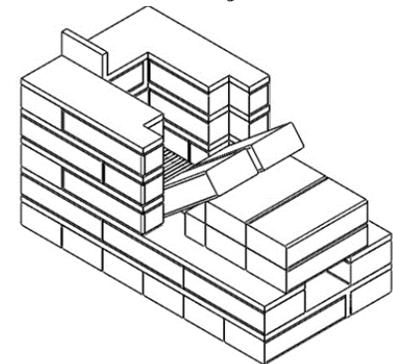
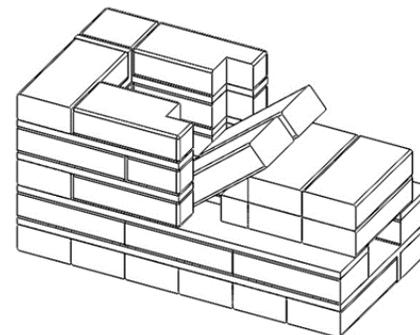
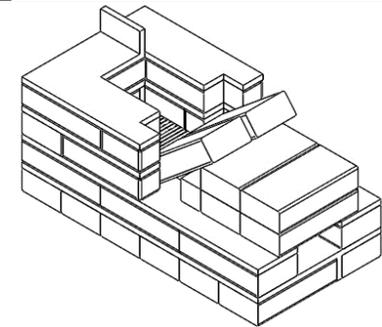
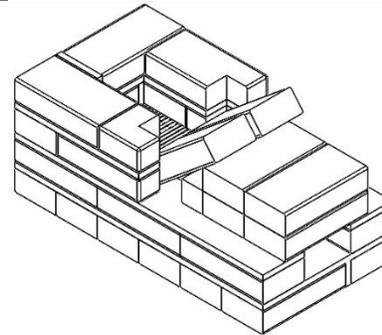


Se añade una capa de mortero en los ladrillos que forman la “U” de la parte trasera de la estufa.



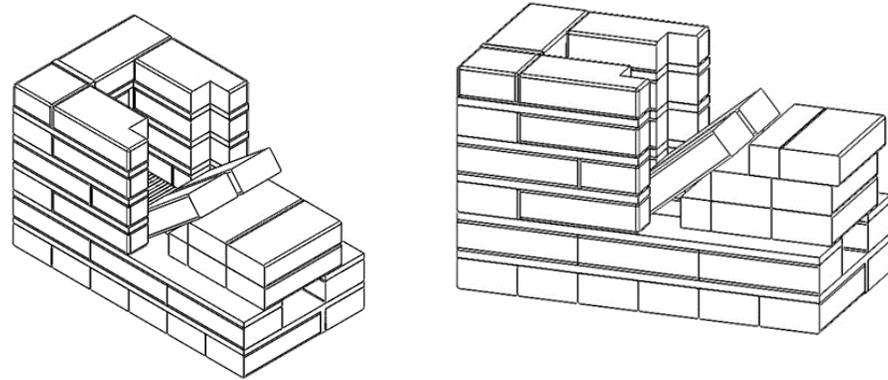
Se coloca sobre la “U” de la parte trasera de la estufa, dos capas más de ladrillos, intercaladas con su respectiva capa de mortero.

Los ladrillos deben colocarse cuidando de conservar la forma, para lo cual será necesario realizar el desgaste en algunos de ellos.

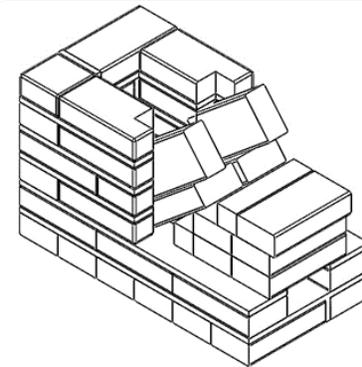




Se termina la base del conducto de ingreso de leña colocando una capa más de cemento en los ladrillos del frente junto con un ladrillo y medio sobre ellos, tal como se muestra en la figura.

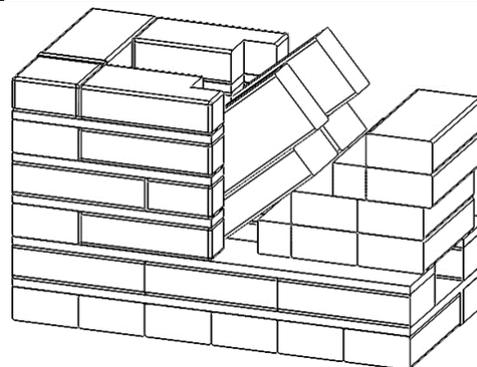


Se delimitará el conducto de ingreso de leña colocando dos ladrillos de canto sobre la base, como se muestra en la figura.

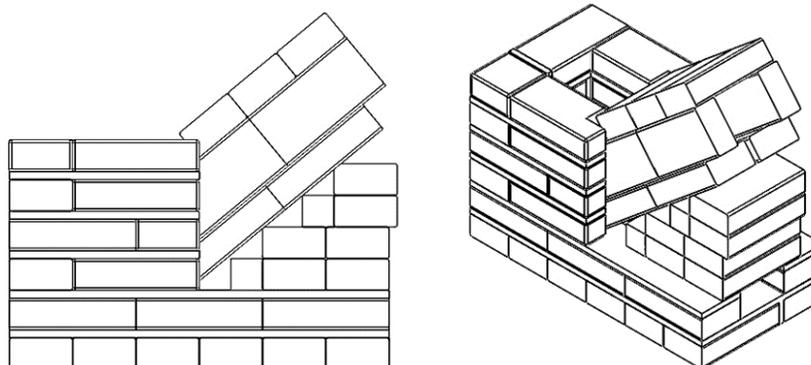




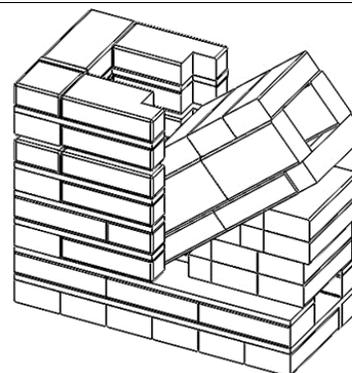
Posteriormente, colocaremos un nivel más de cemento y un ladrillo en la base que soporta el conducto de entrada de la leña.



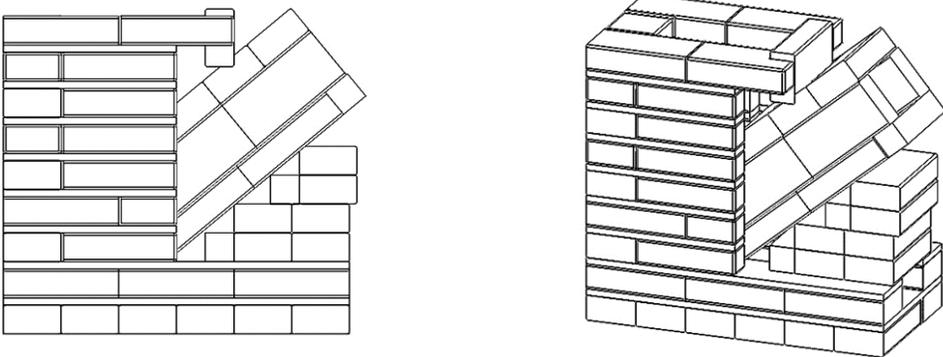
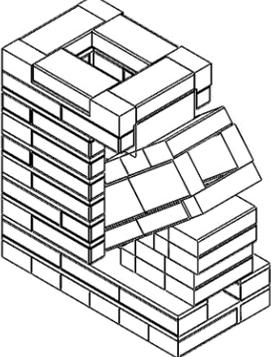
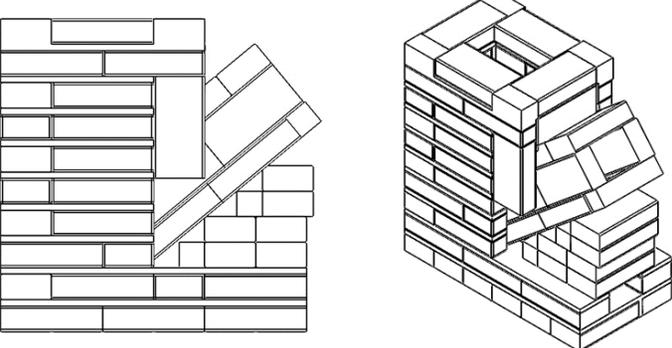
Para terminar el conducto de entrada de leña, se colocan ladrillos sobre los ladrillos canteados.



Se colocan dos niveles más de ladrillo en la sección en "U" de la parte trasera de la estufa, con sus respectivas capas de mortero.

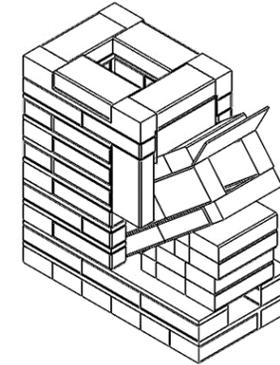
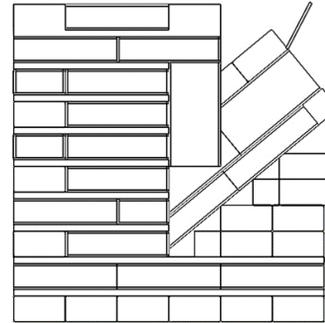




| | |
|--|---|
| <p>Se coloca una capa más de ladrillos en la sección en “U” de la parte trasera de la estufa. Debe sobresalir hacia adelante hasta encontrarse con el conducto de entrada de leña, anteponiendo un ladrillo horizontalmente al frente.</p> |  |
| <p>Se coloca una capa más de ladrillos en la sección en “U” conforme se muestra en la figura. Esta capa conformará el espacio donde se colocará el sartén u olla para cocinar.</p> |  |
| <p>Posteriormente, colocaremos dos ladrillos más a los costados de la estufa, conforme se muestra en la figura.</p> |  |



Por último, se colocará una lámina de metal (aproximadamente 12cmx13cm) que servirá como compuerta para el área donde se ingresará la leña.



Consideraciones y recomendaciones

Se recomienda seguir las instrucciones del fabricante de cal y cemento para las proporciones de la mezcla. Los ladrillos comerciales se deben pegar húmedos para mejorar la adherencia, por lo que se recomienda mojarlos antes de iniciar el trabajo, pero sin sumergirlos en agua.

Para dividir los ladrillos en mitades o cuartos, se puede colocar una varilla sobre el corte deseado en el ladrillo y golpearla con un martillo. Opcionalmente, se puede mantener el nivel durante la construcción de la estufa con plomo y nivel de mano.

La estufa construida tarda aproximadamente una semana en secar completamente, por lo que se recomienda no usarla hasta pasado este periodo, de lo contrario se podrían presentar grietas.

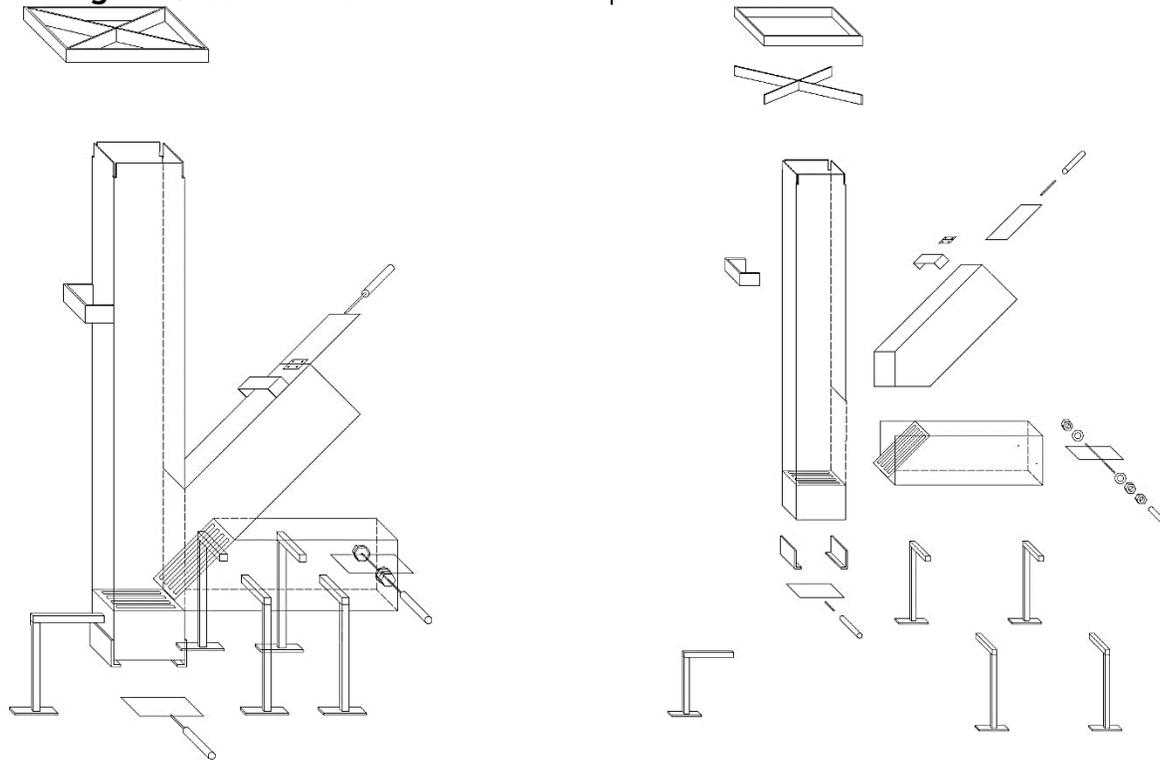
La leña a emplear deberá ser sometida a corte para que pueda ingresar por el conducto de la estufa, las dimensiones recomendadas son de no más de 20 cm de largo y no más de 5 cm de lado.



7.4.2 Estufa ahorradora tipo *Rocket* metálica

Se presenta a continuación la propuesta de una estufa ahorradora metálica tipo *rocket* con alimentación en “V” que mantiene el principio de funcionamiento de la anterior. Esta propuesta tiene a su favor ser transportable, y que su diseño no tiene derechos reservados. No obstante, un punto a considerar es que para su fabricación se requieren herramientas (pulidora de disco, soldadora, etc) que pueden no estar disponibles en manos de la población objetivo, por lo que puede ser necesario contratar a un trabajador del sector de la herrería para su fabricación.

Figura 13. Estufa ahorradora de leña tipo *rocket* con alimentación en “V”.



Fuente: Elaboración propia.



Tabla 12. Posibilidades y limitaciones de la ecotecnia “Estufa ahorradora tipo Rocket metálica”

| | | | | | |
|--|----|---|----|------------|------|
| Posibilidades | | Limitaciones | | | |
| <ul style="list-style-type: none">• Permite un ahorro significativo de leña• Permite reducir significativamente la emisión intramuros de contaminantes• Se puede alimentar con cualquier combustible orgánico, como restos de cosecha• Es durable• Es modular• No requiere mucho espacio• Es transportable | | <ul style="list-style-type: none">• El material combustible empleado debe reducirse de tamaño para alimentar la estufa• Requiere el retiro de ceniza después de usarse y la limpieza de sus espacios internos al menos una vez a la semana• Debe colocarse en un lugar donde se reduzca el riesgo por caída | | | |
| Dinero | •• | Tiempo | •• | Dificultad | •••• |

Fuente: Elaboración propia.

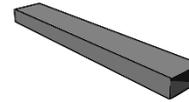


Material requerido

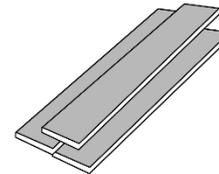
| Descripción | Cantidad |
|--|---------------------------|
| PTR galvanizado de 4"x4" cal, 14 | 1.40 m |
| Solera de 3/4" por 1/8" | 2.00 m |
| Ángulo de 1" por 3/16" | 20 cm |
| Lámina | 1 pieza (10 cm x10 cm) |
| Cuadrado de 1/2" por 1/2" | 10 cm |
| Perfil cuadrado de 1/2" | 1.00 m |
| Bisagra | 1 pieza |
| Espárrago con tres tuercas y arandelas, de más de 10 cm de largo | 1 pieza |
| Tornillos de 2 1/2" de largo (para ajustar el palo de escoba) | 3 piezas |
| Palo de escoba | 1 pieza |
| Electrodos | 0.5 kg |
| Costo aproximado \$2,637.38* | |

*Incluye mano de obra

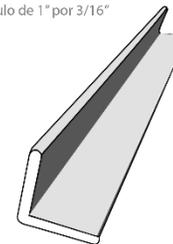
• PTR galvanizado de 4"x4" cal, 14



• Solera de 3/4 por 1/8"



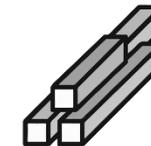
• Ángulo de 1" por 3/16"



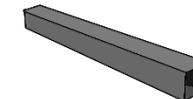
• Lámina de xxxx"



• cuadrado de 1/2" por 1/2"



• Perfil cuadrado de 1/2"



• Bisagra



• Espárrago con tre tuercas y arandelas, de más de 10cm de largo



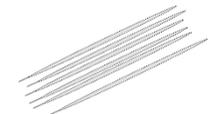
• Tornillo de 2 1/2 de largo (para ajustar el palo de escoba)



• Palo de escoba



• Electrodo





Herramientas

- Flexómetro
- Escuadra metálica
- Lápiz o bicolor
- Taladro y brocas (delgada y de 1cm de diámetro)
- Pulidora con discos para cortar y para pulir metal
- Caladora o sierra para madera
- Martillo o maceta
- Lima para metal
- Planta de soldar
- Careta para soldar
- Guantes de carnaza
- Tornillo de banco
- Mesa de trabajo
- Espátula (opcional)
- Cepillo de alambre (opcional)
- Pinzas de presión

Flexómetro



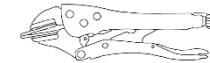
Caladora o sierra para madera



Guantes de carnaza



Pinzas de presión



Escuadra metálica



Martillo o maceta



Tornillo de banco



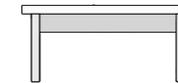
Lápiz o bicolor



Lima para metal



Mesa de trabajo



Taladro y broca (delgada y de 1cm de diámetro)



Planta de soldar



Espátula (opcional)



Pulidora con disco para cortar y para pulir metal



Careta para soldar



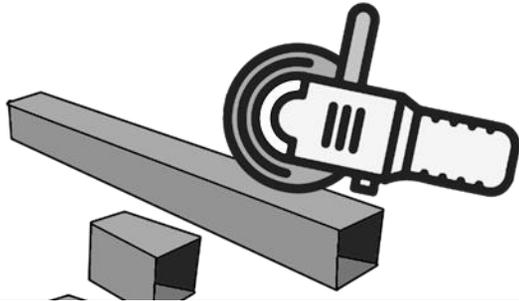
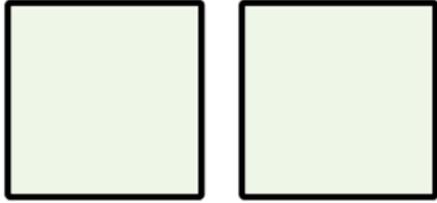
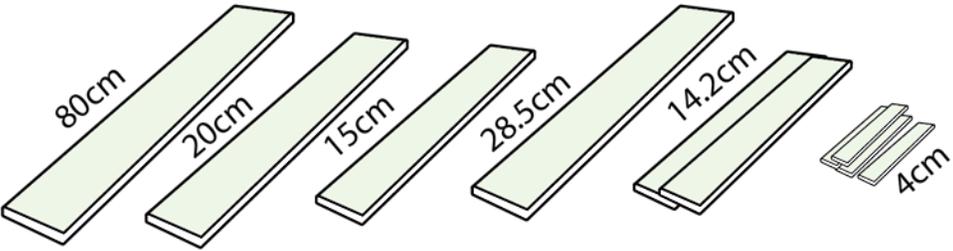
Cepillo de alambre (opcional)



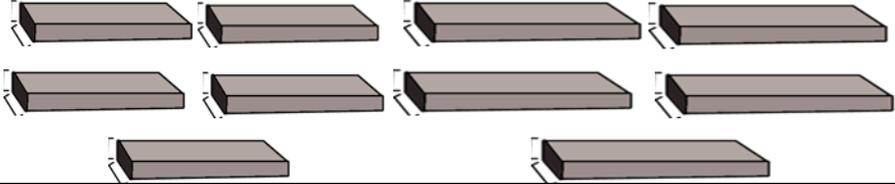
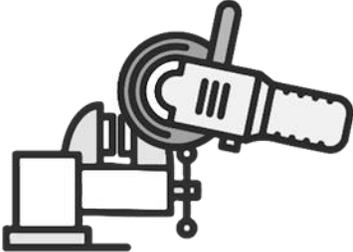
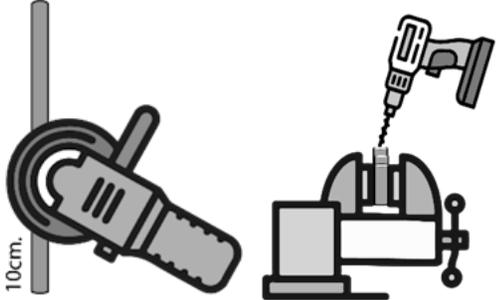


Construcción paso a paso

Cortes

| | |
|---|--|
| <p>Se cortan tres partes de PTR, serán el cuerpo del quemador (70 cm), la entrada de combustible (30 cm) y la entrada de aire (30 cm)</p> |  |
| <p>De un segmento de PTR se cortan dos láminas de 10 x 10 cm que servirán para regular la entrada de aire y como tapa de la entrada de combustible.</p> |  |
| <p>Se corta solera en piezas de 80 cm, 20 cm, 15 cm, 28.5 cm, 14.2 cm (2 piezas) y 4 cm (5 piezas).</p> |  |

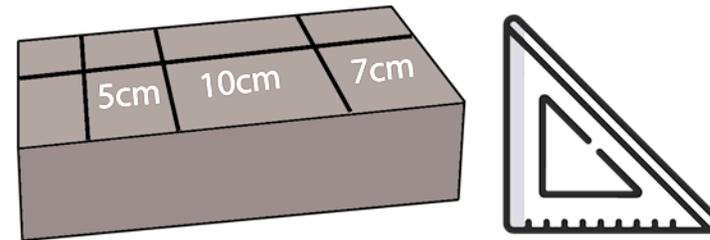


| | |
|--|--|
| <p>Se corta el perfil cuadrado en 6 piezas de 10 cm y 4 piezas de 15 cm.</p> |  |
| <p>Se corta la cabeza de los 3 tornillos de 2 ½”.</p> |  |
| <p>Se corta una lámina de 10x10 cm</p> |  |
| <p>Se cortan tres piezas de 10 cm del palo de escoba y se hace una perforación en el centro con la broca pequeña.</p> <p>Opcionalmente se pueden pintar.</p> |  <p>10cm.</p> |

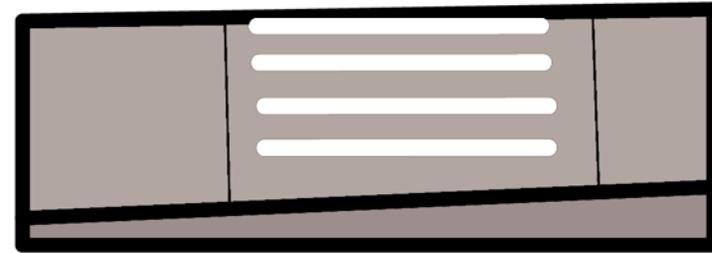


Quemador

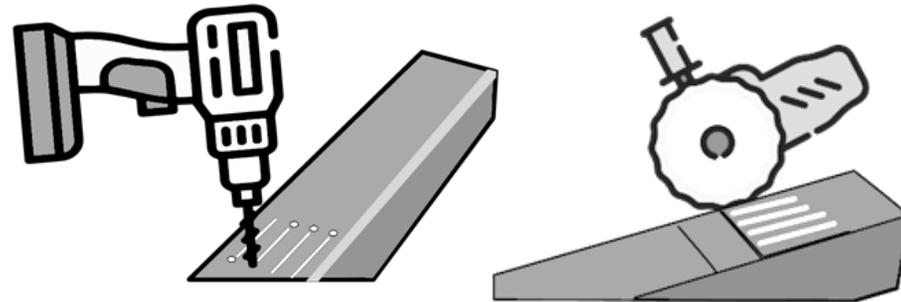
En la pieza del quemador, marcar tres segmentos desde la base con alturas de 7 cm, 10 cm y 5 cm. Se recomienda usar escuadras para que se señalen correctamente.



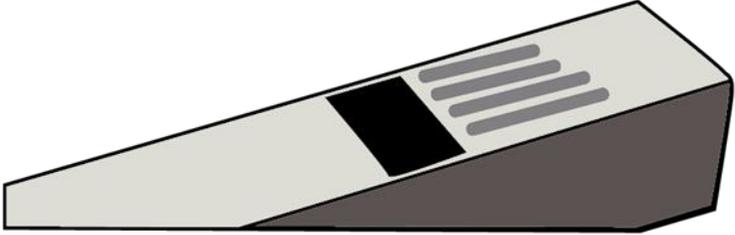
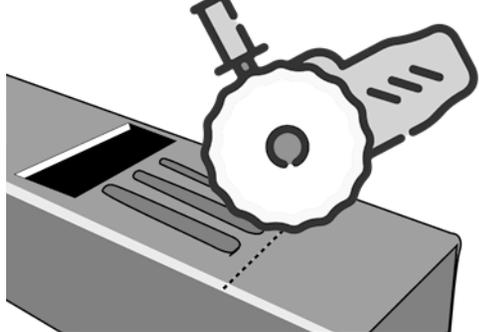
En el segmento de 10 cm se marca lo que será la rejilla horizontal de esta pieza, de acuerdo a lo que se muestra en la figura



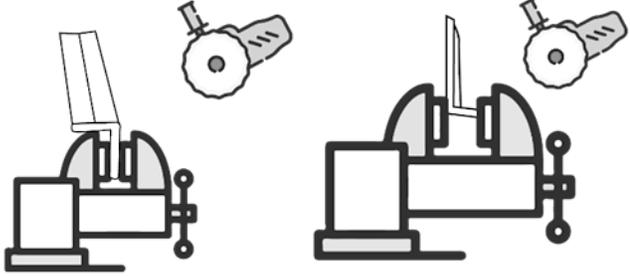
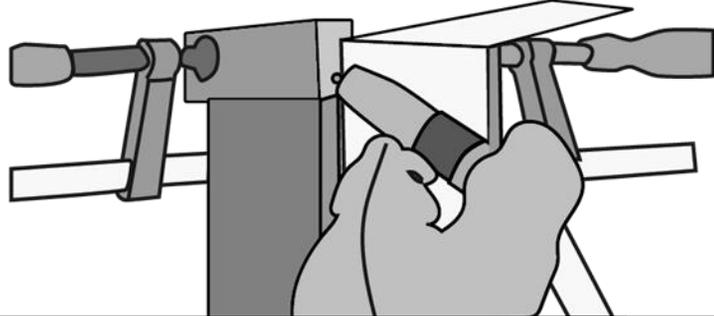
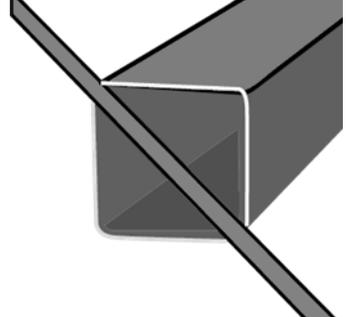
Para realizar las rejillas, se perfora en los extremos de las marcas con una broca delgada primero y con una broca de la medida después, Posteriormente se corta con un esmeril y se lima para eliminar las rebabas





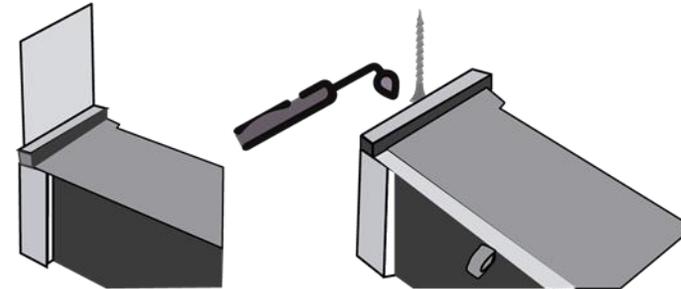
| | |
|--|--|
| <p>La sección marcada de 5 cm se corta, y se guarda el pedazo resultante, se empleará más adelante.</p> |  |
| <p>La pieza de la rejilla se corta a los lados, pero en la parte que la comunica con el segmento de 7 cm se marca únicamente a fin de que pueda rotar sobre esta marca. Con ayuda del martillo se inclina hacia afuera para rebajarle las esquinas poco más de dos milímetros para que embone correctamente cuando se dirija hacia dentro</p> |  |
| <p>Se lleva la rejilla hacia adentro con el martillo para quedar perpendicular al largo del quemador. Con la planta de soldar se fija en esta posición mediante puntos, uno a la altura de cada lámina de la rejilla, no es necesario realizar cordones Se refuerza la parte donde se realizó el desgaste para rotar la rejilla mediante cordones de soldadura, a fin de asegurarse que no se desprenda, luego se pulen para eliminar la escoria. Debe quedar una superficie lisa y recta, cómo antes de realizar los cortes en la pieza</p> |  |



| | |
|---|--|
| <p>Para formar el soporte del cenicero, se cortará una pieza de 20 cm de largo de un ángulo de 1" por 3/16", por uno de sus lados a la mitad de manera longitudinal, posteriormente se cortará en dos piezas de 10 cm. Se debe desgastar la curva del centro por su cara interior para que se acople perfectamente al PTR</p> |  |
| <p>Se suelda una pieza de cada lado del quemador en la parte baja dejando el espacio justo para que una lámina pueda entrar y salir.</p> |  |
| <p>Se hacen saques en las esquinas de la parte superior de manera que quepa la solera que se usará en la parrilla.</p> |  |

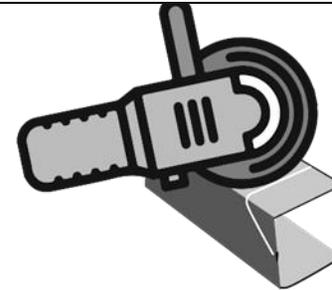


Se suelda la pieza de cuadrado en un extremo de la lámina del cenicero, se suelda en el mismo extremo un tornillo sin cabeza con la cuerda hacia el exterior, se introduce una pieza de madera en la cuerda, servirá de manija para el cenicero.

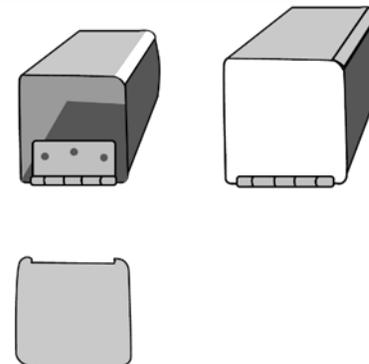


Entrada de combustible

Para la entrada del combustible se toma un tramo de 30 cm de PTR, y se le hacen dos cortes a 45 grados en un lado como se muestra en la figura

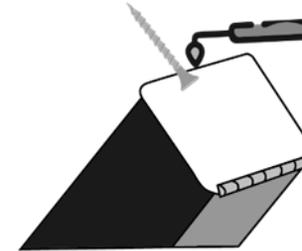


Se le acoplará una bisagra y una de las láminas de 10x10, uniendo las tres piezas con puntos de soldadura, y cortando en la lámina el espacio requerido para que embone la bisagra



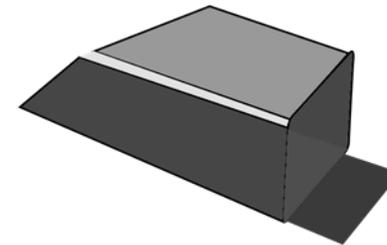


Se corta la cabeza de un tornillo, se suelda a la tapa con la cuerda hacia afuera. Se inserta en la cuerda del tornillo la pieza de madera que servirá de manija.

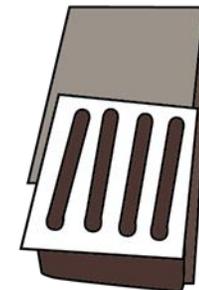


Entrada de aire

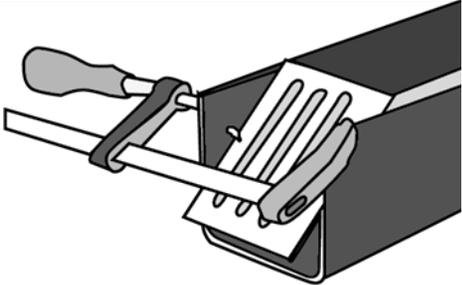
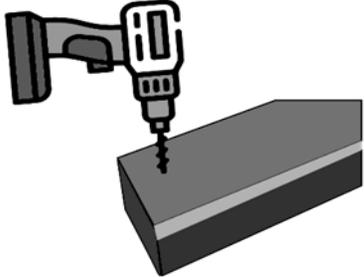
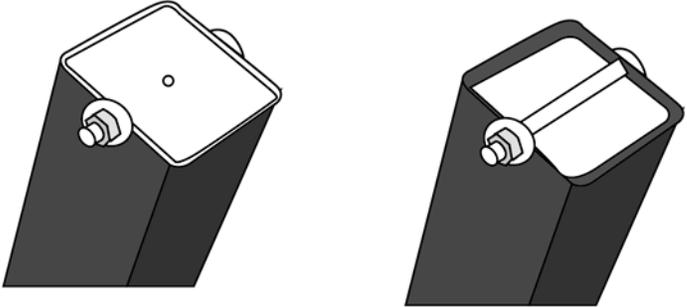
La tubería de entrada de aire será otra pieza de 30 cm de PTR, a la que se le unirá con soldadura el pedazo de 5 cm cortado del quemador mediante un cordón de soldadura, como se muestra en la imagen



Se practica otra rejilla como en el quemador, pero de 12cm de largo





| | |
|--|--|
| <p>Igualmente se cortará por los lados y solo se desgastará por el lado que lo une al resto de la pieza para poder rotar la rejilla hacia dentro de la pieza en un ángulo de 45°. Se suelda en esa posición.</p> |  |
| <p>En la pieza de entrada de aire se practicarán dos perforaciones a un centímetro de la orilla y a la mitad del ancho de la pieza, debe permitir el paso y movimiento del tornillo o varilla que se va a usar como eje para el regulador de entrada de aire.</p> |  |
| <p>Se perfora en el centro de la lámina de 10x10 con una broca pequeña. Se inserta el tornillo o varilla en la perforación de la pieza de entrada de aire. Se suelda la lámina al tornillo o varilla por dicho orificio. El tornillo se fija al PTR con un par de tuercas y rondanas por el exterior, y a la lámina con puntos de soldadura.</p> |  |

| | |
|---|--|
| Parrilla | |
| <p>Con la solera de $\frac{3}{4}$" por $\frac{1}{8}$", fabricar un cuadrado de 20x20cm como se muestra en la figura. Se</p> | |



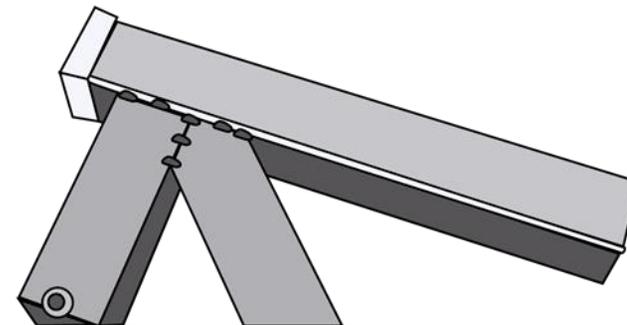
puede realizar mediante una pieza completa en la que se realicen desgastes en la parte interna para doblarla, y rematar la unión con cordones de soldadura

En la parte interior se colocarán tres piezas para formar la "X", una irá de una esquina a la otra en diagonal, y las otras dos completarán la figura. Las piezas deben embonar sin presión. Se unen con soldadura.

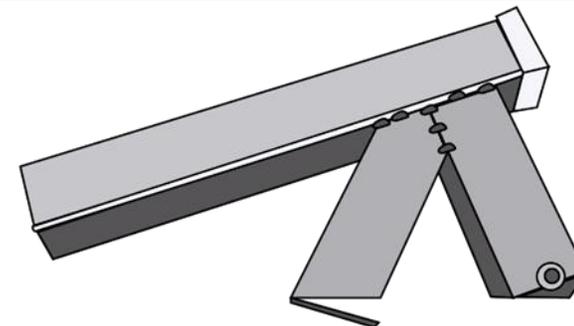


Ensamblado

Se unen mediante puntos de soldadura (3 puntos por lado) las piezas del quemador y la entrada de aire cuidando de que haya un ángulo de 90 grados entre ellas.

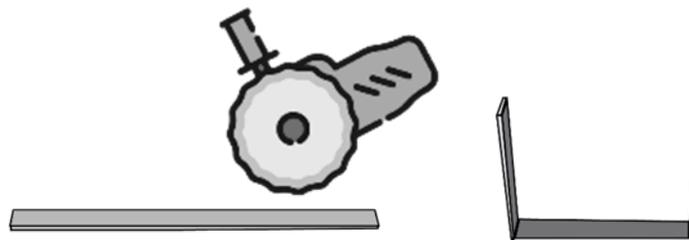


Luego se acopla la pieza de la entrada de combustible mediante puntos de soldadura, quedando a 45 grados entre ambas. Una vez acopladas correctamente, se completa la unión mediante cordones de soldadura.

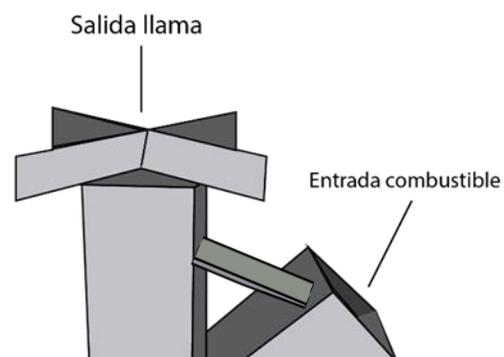




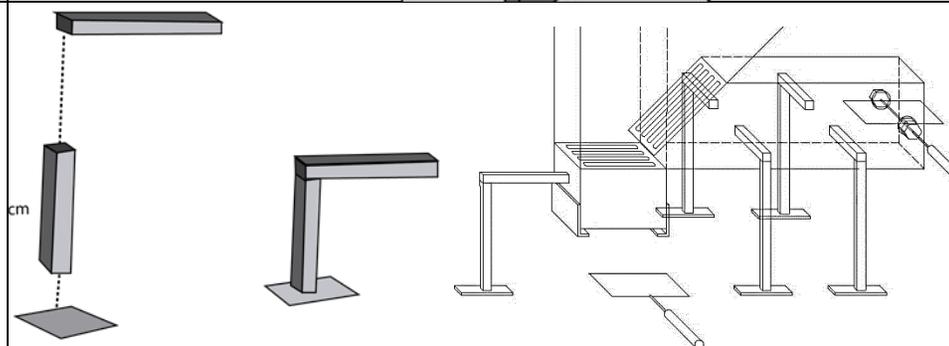
Se elabora la manija con una pieza de 20 cm de solera, haciendo muescas a 5 cm de cada extremo, y doblándola en forma de "C". Se suelda al quemador a 20 cm de la parte superior. La parte desgastada para doblar la pieza se debe reforzar mediante soldadura.



Se elabora la segunda manija con una pieza de 15 cm, que se suelda entre el cuerpo del quemador y el conducto de alimentación de combustible.



Las patas se elaboran con perfil cuadrado de 1/2", con 10 piezas de 10 cm, que se unen en un extremo en ángulo de 90°. Se sueldan piezas de solera de 1 1/2" en la parte baja de las patas. Se unen con soldadura al cuerpo de la estufa, dejando dos a cada lado del conducto de aire y una unida al cuerpo del quemador por debajo del nivel de la rejilla.





Recomendaciones y consideraciones

Siempre que se suelde, debe hacerse con el equipo de protección adecuado: guantes de carnaza, careta para soldar, peto, calzado cerrado (no tenis). Debe tenerse en cuenta que las chispas de soldadura pueden perforar las prendas cotidianas. No debe mirarse la luz de la soldadura directamente ya que puede ocasionar ceguera.

Se recomienda usar trozos pequeños de leña de aproximadamente 10 a 15 cm de largo y no más de 5 cm de ancho, a fin de evitar atascos y combustión en el conducto de alimentación de combustible.

Es mejor usar la estufa en un suelo nivelado y no empujarla.

Se recomienda su uso en exteriores o en lugares bien ventilados debido a que no cuenta con una chimenea.

Se debe dejar enfriar la estufa antes de transportarla para evitar quemaduras, también se debe mantener alejados a los niños de la estufa mientras se usa.

La estufa funcionará mejor si se emplea junto con un recipiente con tapadera para cocinar.



8. Caracterización regional del estado de Puebla con indicador de pobreza energética para aplicación de ecotecnias

La pobreza energética se ha estudiado a nivel internacional, principalmente en Europa, desde hace varias décadas debido a la importancia de la energía para la calefacción de los hogares en los climas extremos del invierno, lo que en muchas ocasiones fue de vital importancia para la supervivencia de las personas, pues la falta de calefacción se relaciona directamente con una mayor morbilidad y mortalidad debido a enfermedades respiratorias.

Pese a llevar tanto tiempo en el foco de las investigaciones, la pobreza energética no cuenta con una definición universalmente aceptada por toda la comunidad científica dedicada a su estudio. De manera similar, el desarrollo de indicadores para medir la pobreza energética no ha decantado en un único indicador aceptado a nivel mundial, pues se han desarrollado un número extenso de ellos basados en las diferentes definiciones. Al día de hoy, los países europeos miden la pobreza energética a través de metodologías propias que difieren de las de sus vecinos.

En nuestro país, la investigación sobre la pobreza energética es relativamente reciente y cuenta con menos de una decena de publicaciones y, al igual que ocurrió con los países europeos, todas ellas proponen una metodología diferente y ofrecen resultados distintos o incluso contradictorios³. La discusión sobre la definición de este concepto sigue en pie al igual que la definición de sus indicadores.

No obstante, todas las publicaciones señalan una relación entre el acceso y consumo de energía con el desarrollo humano, y particularmente (Santillán, Cedano, & Martínez, 2020) hallaron una correlación entre el Índice de Desarrollo Humano (IDH) y el indicador de Pobreza energética empleado en su estudio.

Metodología

Para el presente estudio se realizará una caracterización del Estado de Puebla en materia de pobreza energética por regiones, a fin de orientar los esfuerzos para la difusión e implementación de ecotecnias en las regiones más apropiadas.

³ Algunos estudios señalan que la población en pobreza energética se encuentra en la región cálida del norte del país (CONUEE, 2018) mientras que otros la ubican en la región templada ubicada en el centro del país (Espinosa-Dorado & Carrillo-Núñez, 2021), y otros la ubican en el sur del país (García-Ochoa & Graizbord, 2016). Los mismos autores indican niveles de pobreza diferentes.



Para ello se analizó la literatura publicada tanto a nivel internacional como nacional, se contempló la información disponible y su nivel de desagregación. Derivado de lo anterior se eligió el método de “Satisfacción de Necesidades Absolutas de Energía” propuesto por (García, 2011) e implementado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) para la evaluación de países latinoamericanos (García, 2014), y posteriormente empleado por (García-Ochoa & Graizbord, 2016) para una evaluación de México a nivel nacional, asimismo se emplearán los datos derivados del Censo de Población y Vivienda 2020 realizado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (INEGI, 2022).

Este método emplea un índice multidimensional llamado “Pobreza energética en el hogar”, que evalúa si las personas satisfacen las necesidades humanas relacionadas con el uso de la energía, pues para el autor un hogar se encuentra en pobreza energética “cuando las personas que lo habitan no satisfacen las necesidades de energía absolutas, las cuales están relacionadas con una serie de satisfactores y bienes económicos que son considerados esenciales, en un lugar y tiempo determinados, de acuerdo a las convenciones sociales y culturales” (García, 2014).

Esto implica que las necesidades básicas o fundamentales relativas al uso de la energía son pocas, absolutas diferenciadas, y constantes a través de los periodos históricos y en todas las culturas, lo que el autor identifica como el núcleo irreducible de privación absoluta relacionado con la pobreza energética.

Para aterrizar los supuestos anteriores en el contexto presente, se relacionan los usos finales de la energía más importantes en el sector residencial con las necesidades humanas correspondientes. En la tabla siguiente se muestra dicha relación, así como los bienes o servicios económicos básicos.

Tabla 13. Bienes económicos seleccionados y su relación con satisfactores, necesidades y usos finales de energía.

| No | Uso final de la energía | Bien económico seleccionado | Nombre del indicador | Satisfactores | Necesidades absolutas |
|----|-------------------------|--|---------------------------|------------------------------|-----------------------|
| 1 | Cocción de alimentos | Estufa de gas o eléctrica, condicionado a que el combustible para cocinar sea gas o electricidad | Estufa de gas o eléctrica | Salud física Alimentación | Subsistencia |



| No | Uso final de la energía | Bien económico seleccionado | Nombre del indicador | Satisfactores | Necesidades absolutas |
|----|----------------------------------|---|------------------------|---|---|
| 2 | Refrigerar alimentos | Refrigerador modelo 1996 a 2012 | Refrigerador eficiente | Salud física Alimentación | Subsistencia Protección |
| 3 | Esparcimiento** | Televisión o equipo de cómputo con acceso a internet | Entretenimiento | Humor Idear Tiempo libre Trabajar Inventar Diseñar | Entretenimiento Ocio Creación |
| 4 | Iluminación | Foco incandescente o lámpara fluorescente por cuarto de vivienda, excluyendo pasillos | Iluminación | Cuidado Investigar Estudio Literatura Juego Tiempo libre | Protección Entretenimiento Placer Creación |
| 5 | Calentamiento de agua | Calentador de agua o estufa de gas o eléctrica | Calentamiento de agua | Salud física Cuidado | Subsistencia Protección |
| 6 | Aire acondicionado y ventilación | Ventilador por tres personas o equipo de aire acondicionado | Confort térmico | Salud física Cuidado | Subsistencia Protección |

Fuente: Adaptación de (García-Ochoa & Graizbord, 2016). *Entretenimiento en el artículo original.

La metodología del índice multidimensional de pobreza energética en el hogar (IPE) se resume entonces en que “un hogar que no tiene la totalidad de los bienes económicos seleccionados para satisfacer sus necesidades relacionadas con el uso de la energía estará en pobreza energética”. Este razonamiento está en consonancia con el enfoque multidimensional del cálculo de la pobreza en México, según el cual ningún derecho humano es más importante que otro.

Aunque el autor lista 6 indicadores en la tabla arriba mostrada, el clima templado del estado permite dejar fuera el bien “Confort térmico”, por lo que ese indicador se excluye del cálculo.



Resultados

A nivel estatal, el valor del promedio del IPE fue de 0.67, un valor ligeramente superior al hallado por el autor en su primera estimación para el estado, lo que puede deberse al progreso de los hogares en los años transcurridos desde entonces.

Los 10 municipios con mejor desempeño fueron Cuautlancingo, Puebla, San Andrés Cholula, San Miguel Xoxtla, San Pedro Cholula, San Gregorio Atzompa, San Martín Texmelucan, San Salvador el Verde, Amozoc y Tehuacán en ese orden, ubicados casi todos en el centro del estado y siempre cerca de los corazones industriales, lo que explica el bajo índice de pobreza energética asociado a un mejor nivel de vida debido a la economía dinámica de esas zonas.

Tabla 14. *Municipios con mejor desempeño en el Índice de Pobreza Energética*

| Índice de Pobreza Energética | Municipio | Región |
|-------------------------------------|-----------------------|---------------|
| 0.97 | Cuautlancingo | R21-R31 |
| 0.94 | Puebla | R21-R31 |
| 0.94 | San Andrés Cholula | R21-R31 |
| 0.93 | San Miguel Xoxtla | R21-R31 |
| 0.93 | San Pedro Cholula | R21-R31 |
| 0.93 | San Gregorio Atzompa | R21-R31 |
| 0.91 | San Martín Texmelucan | R20 |
| 0.91 | San Salvador el Verde | R20 |
| 0.91 | Amozoc | R21-R31 |
| 0.90 | Tehuacán | R13 |

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, los municipios con valores más bajos en el IPE fueron Zoquitlán, Tepetzintla, Tlaola, San Felipe Tepatlán, Camocuautla, Hueytlalpan, Chiconcuautla, Coyomeapan, San Sebastián Tlacotepec y Eloxochitlán, que comparten una serie de características como localización distante de las principales zonas industriales y número de habitantes relativamente menor en comparación con los municipios de mejor desempeño.

**Tabla 15.** *Municipios con peor desempeño en el Índice de Pobreza Energética*

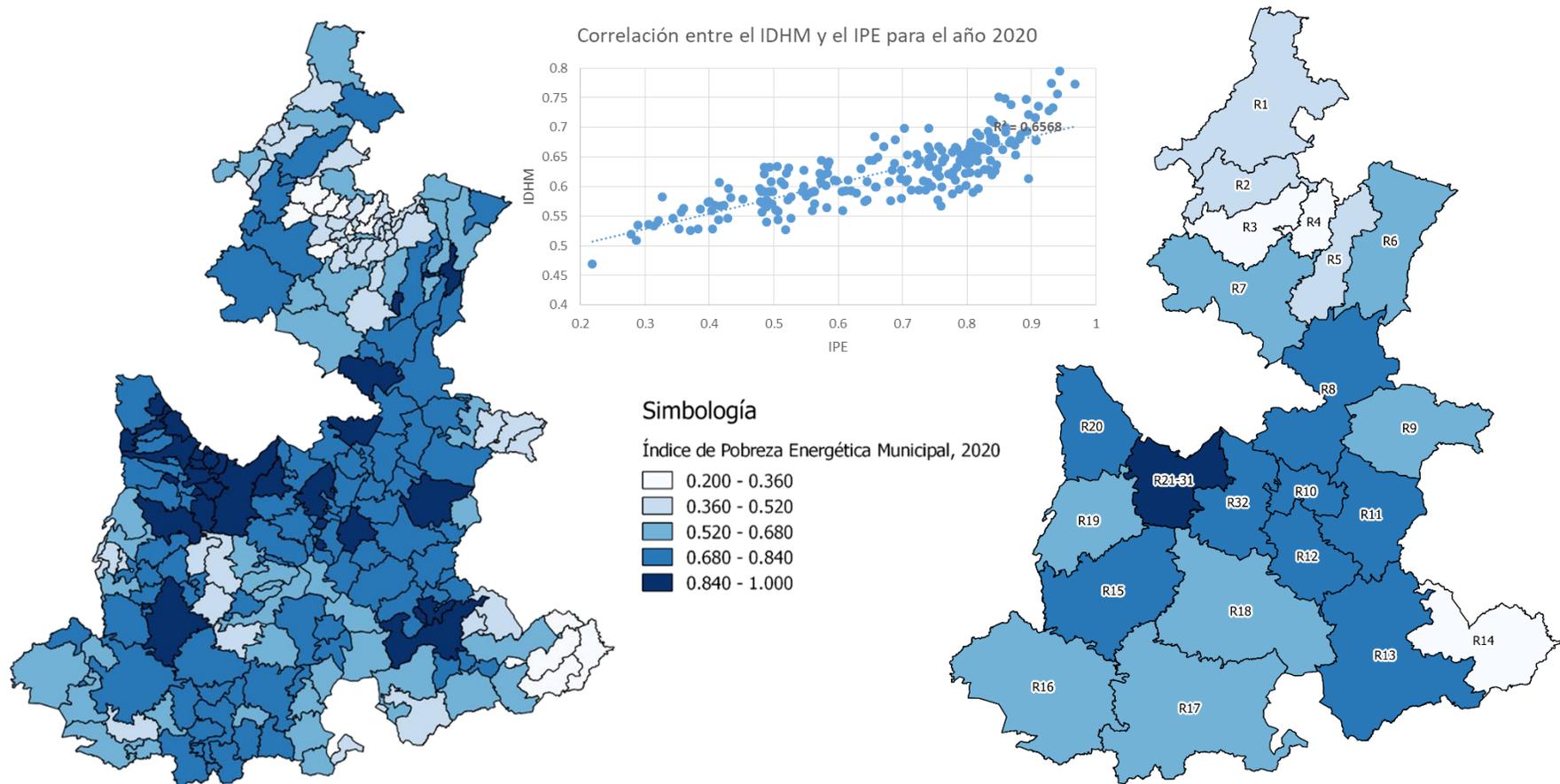
| Índice de Pobreza Energética | Municipio | Región |
|-------------------------------------|--------------------------|---------------|
| 0.35 | Zoquitlán | R14 |
| 0.34 | Tepetzintla | R03 |
| 0.33 | Tlaola | R02 |
| 0.32 | San Felipe Tepatlán | R03 |
| 0.31 | Camocuautla | R03 |
| 0.31 | Hueytlalpan | R04 |
| 0.29 | Chiconcuautla | R02 |
| 0.29 | Coyomeapan | R14 |
| 0.28 | San Sebastián Tlacotepec | R14 |
| 0.22 | Eloxochitlán | R14 |

Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior se puede observar en el mapa siguiente que muestra de manera gráfica el valor del índice de pobreza energética para cada municipio.



Mapa 1. Índice de Pobreza Energética por región y municipio, 2020.



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI.

Cómo se puede observar en el mapa anterior, los municipios con valores más bajos se ubican en el sur, cerca de la colindancia con el estado de Oaxaca, y en el norte del estado, cerca de la región de la sierra. En contraparte, los municipios con valores más altos están ubicados cerca de la capital del estado. Esto último se puede relacionar con el



alto desarrollo económico de las regiones, que ha permitido el crecimiento demográfico y la instalación de servicios como la electrificación, la distribución de gas LP y las redes de gas natural.

Los municipios con menores valores del IPE se ubican en lugares remotos o con difícil acceso para los servicios, lo que en conjunto con un tamaño reducido de las poblaciones no representa una oportunidad de negocio para los prestadores de estos servicios como las grandes urbes, dónde tienen mayores facilidades en el acceso a las localidades y a los insumos que necesitan.

A nivel regional, las regiones con mejor desempeño en el IPE fueron la región Centro, San Martín Texmelucan, Tepeaca, Acatzingo y Libres, mientras que las regiones con valores más bajos fueron Zacapoaxtla, Xicotepec, Zacatlán, Huehuetla y Sierra Negra. A continuación se presentan estos valores.

Tabla 16. Índice de Pobreza Energética por regiones, 2020.

| Puesto | Clave | Región | IPE | Puesto | Clave | Región | IPE |
|---------------|--------------|--------------------------|------------|---------------|--------------|---------------------|------------|
| 1 | R21-R31 | Centro | 0.92 | 12 | R19 | Atlixco | 0.65 |
| 2 | R20 | San Martín Texmelucan | 0.82 | 13 | R18 | Tepexi de Rodríguez | 0.64 |
| 3 | R32 | Tepeaca | 0.82 | 14 | R07 | Chignahuapan | 0.62 |
| 4 | R10 | Acatzingo | 0.81 | 15 | R09 | Quimixtlán | 0.61 |
| 5 | R08 | Libres | 0.80 | 16 | R16 | Chiautla | 0.61 |
| 6 | R12 | Tecamachalco | 0.80 | 17 | R02 | Huachinango | 0.57 |
| 7 | R11 | Ciudad Serdán | 0.77 | 18 | R05 | Zacapoaxtla | 0.55 |
| 8 | R13 | Tehuacán | 0.72 | 19 | R01 | Xicotepec | 0.55 |



| | | | | | | | |
|----|-----|---------------------|------|----|-----|--------------|------|
| 9 | R15 | Izúcar de Matamoros | 0.72 | 20 | R03 | Zacatlán | 0.44 |
| 10 | R06 | Teziutlán | 0.70 | 21 | R04 | Huehuetla | 0.42 |
| 11 | R17 | Acatlán | 0.67 | 22 | R14 | Sierra Negra | 0.37 |

Fuente: Elaboración propia.

En el mapa siguiente se puede observar esto de manera gráfica, y es posible apreciar que las regiones con menor pobreza energética se encuentran ubicados alrededor de los núcleos industriales, como ocurría en el análisis a nivel de municipio; mientras que los municipios con mayor pobreza energética se encuentran colindantes alejados de los mismos, y algunos colindantes entre sí (regiones Zacatlán, Huehuetla y Zacapoaxtla).

A nivel de indicadores, se puede observar que virtualmente todo el territorio estatal se desempeña de forma satisfactorio en el indicador de iluminación (X1), mientras que el resto de los indicadores muestran un desempeño que tiende hacia valores menores, y que se concentran en las regiones antes mencionadas.

De acuerdo con los resultados obtenidos, los hogares poblanos carecen principalmente de Refrigerador (25.19% del total), le sigue de cerca la Estufa de gas o eléctrica (22.27%) y el Calentador de agua (18.97%). Los bienes de Esparcimiento e Iluminación tienen las menores tasas de carencia en los hogares del estado con 14.77% y 0.97%, respectivamente.

**Tabla 17.** Principales carencias de bienes indicadores en los hogares poblanos, 2020.

| No. | Clave | Nombre del indicador | Hogares en el estado con carencia del bien | Hogares en el estado con carencia del bien (porcentaje) |
|-----|-------|---------------------------|--|---|
| 1 | X5 | Refrigerador | 432,319 | 25.19% |
| 2 | X4 | Estufa de gas o eléctrica | 382,266 | 22.27% |
| 3 | X3 | Calentamiento de agua | 325,624 | 18.97% |
| 4 | X2 | Esparcimiento | 253,481 | 14.77% |
| 5 | X1 | Iluminación | 16,600 | 0.97% |

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.



9. Diagnóstico de viabilidad de aplicación de ecotecnias en el Estado de Puebla

Las necesidades energéticas e hídricas de la población se ven fuertemente influenciadas por factores como la creciente demografía que contrasta con la existencia limitada de los recursos hídricos y energéticos, es decir, que se deben cubrir las necesidades de un número mayor de personas con los mismos recursos disponibles, lo que hace necesario recurrir a las mejores prácticas y tecnologías posibles, como lo son las ecotecnias.

Pese a ser tecnologías cuyo funcionamiento se ha comprobado con anterioridad, se presentan a continuación los análisis de viabilidad económica de las ecotecnias.

Análisis de viabilidad

Humedal

Costo mensual de inversión

Considerando la inversión inicial para la construcción de un humedal artificial y dividiéndola en un lapso de un año, el costo mensual sería de \$333. En el caso de la conexión a la red de drenaje municipal, y tomando como ejemplo al municipio de Zacatlán, la cuota por el derecho a conexión a la red de alcantarillado es de alrededor de \$1,563, equivalente a \$130.25 mensual.

Tabla 18. Costos de inversión.

| | Humedal artificial | Red de drenaje | Sin red de drenaje y sin tecnologías alternativas |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------|--|
| Costo mensual de inversión | \$333 | \$130.25 | \$0 |

Fuente: Elaboración propia.



Costos asociados al uso

Los costos asociados al uso de humedales como tecnología de tratamiento de aguas grises están ligados a su mantenimiento, el cual es limitado. Para el análisis costo beneficio contemplamos lo siguiente:

- El reemplazo de la vegetación, solo en caso de que las plantas estén muy marchitas. Consideramos un 15% del costo inicial de la vegetación (\$216).
- Monitoreo de la calidad del agua: Es recomendable que se monitoree periódicamente el nivel de nutrientes y materia orgánica, se sugiere un monitoreo sencillo 2 veces al año.
- En la red de drenaje, la cuota fija mensual a pagar por uso doméstico en estrato uno, dos y tres, será de 48.41 pesos.

Costo en salud

La salud y el ambiente son componentes que están muy vinculadas entre sí: un cambio desfavorable en la calidad ambiental provocaría mayor incidencia de aquellas enfermedades asociadas a un tipo de contaminación (Marrero Marrero, Petersson Roldán, Gutiérrez Loza, & Arozarena Fundora, 2012).

En caso de no existir red de drenaje ni tecnologías alternativas como las fosas sépticas, se pone en peligro la salud de las personas, ya que podrían aparecer enfermedades gastrointestinales o hepatitis. A modo de ejemplo, la estimación de costos asociados a enfermedades gastrointestinales producidas por la contaminación por coliformes totales del agua de los ríos Atoyac y Zahuapan en la región Puebla-Tlaxcala, indicó un costo final promedio por caso, de 958.82 pesos, incluyendo el valor del tratamiento médico, como los costos indirectos que causan al afectado (Aquino Moreno, Rodríguez Tapia, & Morales Novelo).

Tabla 19. Costos en salud

| Costos mensuales / Tecnología | Humedal artificial | Red de drenaje | Sin red de drenaje y sin tecnologías alternativas |
|--------------------------------------|---------------------------|-----------------------|--|
| Costo mensual de inversión | \$333 | \$130.25 | \$0 |
| Costos asociados al uso | \$2.7 | \$48.41 | \$0 |



| Costos mensuales / Tecnología | Humedal artificial | Red de drenaje | Sin red de drenaje y sin tecnologías alternativas |
|-------------------------------|--------------------|----------------|---|
| Costo en salud | \$0 | \$40 | \$958.82 |
| Costo total | \$335.7 | \$218.66 | \$958.82 |

Fuente: Elaboración propia.

Baño seco

Si tomamos en cuenta la construcción de un baño tradicional, el costo sería aproximadamente sería de \$39,756.98 (ver tabla siguiente:

Tabla 20. Costos de un baño tradicional.

| | | | | |
|---|----|-------|-------------|-------------|
| DESPALME DE MATERIAL NO APTO P/CIMENTACION Y/O DESPLANTE DE TERRAPLENES Y EN BANCOS DE PRESTAMO DESPERDIANDO EL MATERIAL, CON ACARREO A 40 MTS. | M3 | 2.52 | \$ 13.41 | \$ 33.79 |
| LIMPIEZA Y TRAZO EN EL AREA DE TRABAJO. | M2 | 18.75 | \$ 11.37 | \$ 213.10 |
| EXCAVACION A MANO PARA ZANJAS EN MATERIAL COMUN, EN SECO... HASTA 2.00 MTS. DE PROFUNDIDAD. | M3 | 6.43 | \$ 102.82 | \$ 660.75 |
| EXCAVACION EN ROCA FIJA, PARA DESPLANTE DE ESTRUCTURAS, EN SECO.... HASTA 2.00 MTS. DE PROFUNDIDAD. | M3 | 6.43 | \$ 177.14 | \$ 1,138.34 |
| PLANTILLA APISONADA AL 85% PROCTOR EN ZANJAS..... CON MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION. | m3 | 1.27 | \$ 89.63 | \$ 113.75 |
| RELLENO EN ZANJAS COMPACTADO AL 85% PROCTOR, CON MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION. | M3 | 9.54 | \$ 70.65 | \$ 674.03 |
| FABRICACION Y COLADO DE CONCRETO VIBRADO Y CURADO... DE FC= 200 KG/CM2. | M3 | 2.24 | \$ 2,194.70 | \$ 4,913.94 |
| SUMINISTRO Y COLOCACION DE MALLA ELECTROSOLDADA E 6X6 -10/10. | M2 | 2.04 | \$ 43.96 | \$ 89.67 |



| | | | | | |
|--|-----|-------|-------------|----|----------|
| CIMBRA DE MADERA PARA ACABADOS NO APARENTES EN..... | | | | | |
| CIMENTACIONES. | M2. | 10.82 | \$ 150.45 | \$ | 1,627.82 |
| EN DALAS, CASTILLOS Y CERRAMIENTOS. | M2. | 7.52 | \$ 183.44 | \$ | 1,379.48 |
| LOSAS CON ALTURA DE OBRA FALSA HASTA 3.60 M. | M2. | 4.40 | \$ 234.49 | \$ | 1,031.73 |
| SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO. | KG. | 95.38 | \$ 21.08 | \$ | 2,010.62 |
| MUROS DE BLOK 15X20X40, HASTA 6.0 M. DE ALTURA, JUNTEADO CON MORTERO CEMENTO-ARENA 1:5..... | | | | | |
| DE 14 CMS. DE ESPESOR. | M2. | 8.82 | \$ 291.45 | \$ | 2,570.59 |
| APLANADOS Y EMBOQUILLADOS, CON TODOS LOS MATERIALES Y MANO DE OBRA..... | | | | | |
| APLANADO CON MORTERO CEMENTO-ARENA 1:5 DE 1.5 CM. DE ESPESOR. | M2. | 28.00 | \$ 149.64 | \$ | 4,189.96 |
| EMBOQUILLADO CON MORTERO CEMENTO-ARENA. | ML. | 22.00 | \$ 56.59 | \$ | 1,244.97 |
| SUMINISTRO E INSTALACION DE PUERTAS..... | | | | | |
| DE HERRERIA TUBULAR, PERFILES ZT Y L TAMBOR DOBLE DE LAMINA No. 18. | M2. | 1.26 | \$ 1,248.09 | \$ | 1,572.59 |
| SUMINISTRO E INSTALACION DE VENTANAS..... | | | | | |
| DE HERRERIA TUBULAR, PERFILES ZT Y L. | M2. | 0.42 | \$ 1,074.00 | \$ | 451.08 |
| SUMINISTRO Y COLOCACION DE WC TIPO ECONOMICO DE TANQUE BAJO, INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACION HIDRAULICA CON TUBERIA DE CPVC DE 1/2", MATERIALES, CORTES, MANO DE OBRA, ACARREOS HASTA EL LUGAR DE SU INSTALACION Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACION | PZA | 1.00 | \$ 950.00 | \$ | 950.00 |
| SUMINISTRO Y COLOCACION DE LAVABO TIPO ECONOMICO EMPOTRADO CON MORTERO CEMENTO-ARENA 1:3 INCLUYE: SUMINISTRO E INSTALACION HIDRAULICA CON TUBERIA DE CPVC DE 1/2" MATERIALES, CORTES, MANO DE OBRA, ACARREO HASTA EL LUGAR DE SU INSTALACION, TUBERIA DE PVC SANITARIO PARA SU INSTALACION, CONTRA CESPOL, LLAVE NARIZ COMERCIAL Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACION. | PZA | 1.00 | \$ 3,483.77 | \$ | 3,483.77 |



| | | | | |
|---|-----|-------|-------------|-------------|
| SUM. Y COL. DE TINACO DE POLIETILENO DE 450 LT. INCLUYE: FLETE Y ACARREOS Y DEBE SER SUMINISTRADO HASTA EL SITIO DE SU INSTALACION ASI COMO TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTO FUNCIONAMIENTO | PZA | 1.00 | \$ 1,462.50 | \$ 1,462.50 |
| SUMINISTRO Y COLOCACION DE CODO DE 90 GRADOS P.V.C. SANITARIO CON CAMPANA DE 100 MM (4") | PZA | 3.00 | \$ 98.00 | \$ 294.00 |
| SUMINISTRO Y COLOCACION DE CODO DE 90 GRADOS P.V.C. SANITARIO CON CAMPANA DE 50 MM | PZA | 6.00 | \$ 45.00 | \$ 270.00 |
| SUMINISTRO E INSTALACION DE REGISTRO SANITARIO: PREFABRICADO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD DE 60 X 140 X 45 CM. INCLUYE TAPA CIEGA, FLETE Y ACARREO HASTA EL SITIO DE LOS TRABAJOS, PERFORACION PARA TUBERIAS DE CONEXIÓN Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACION. | PZA | 1.00 | \$ 700.00 | \$ 700.00 |
| SALIDA PARA CENTRO DE LUZ O CONTACTO..... | | | | |
| SALIDA PARA CENTRO DE LUZ O CONTACTO CON SALIDA, TUBERIA POLIDUCTO 3/4" DE DIAMETRO, INCLUYE CABLE CAL. 14, SOCKET DE PORCELANA CON FOCO AHORRADOR, APAGADOR Y CONTACTO CON PLACA, SEGÚN PLANO ELECTRICO Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA INSTALACION | SAL | 2.00 | \$ 641.60 | \$ 1,283.20 |
| SUMINISTRO Y COLOCACION DE BIODIGESTOR COMO LO MARCA EL PROYECTO INCLUYE EXCAVACION, RELLENO COMPACTADO, REGISTRO PARA LODOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTO FUNCIONAMIENTO ASI COMO EL SUMINISTRO HASTA EL SITIO DE SU INSTALACION | PZA | 1.00 | \$ 5,500.00 | \$ 5,500.00 |
| SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA DE 4" DE DIAMETRO | M | 8.10 | \$ 52.19 | \$ 422.74 |
| SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA DE 2" DE DIAMETRO | M | 7.60 | \$ 38.74 | \$ 294.42 |
| SUMINISTRO Y COLOCACION DE ARMEX EN CASTILLOS Y CERRAMIENTOS | M | 18.20 | \$ 57.00 | \$ 1,037.40 |
| SUMINISTRO Y COLOCACION DE VIDRIO MEDIO DOBLE 3 MM. | M2 | 0.51 | \$ 279.88 | \$ 142.74 |

Fuente: Elaboración propia.

Incluso considerando los costos imprevistos en la construcción del baño seco, no se compara con la inversión requerida para la construcción de un baño tradicional, sin tomar en cuenta que se necesitarían permisos para el abastecimiento



de agua potable, que en situaciones en donde no se tiene acceso a este medio, dificultaría este trámite además de necesitar el permiso y la instalación para descargar al drenaje (si es que se tiene ese servicio) los residuos.

Tabla 21. Costos de inversión.

| Costos mensuales / Tecnología | Baño tradicional | Baño seco |
|--------------------------------------|-------------------------|------------------|
| Costo mensual de inversión | \$39,756.98 | \$4,155 |

Fuente: Elaboración propia.

Los beneficios de un baño seco ayudan sobre todo a que la salud se vea beneficiada ya que mantener una letrina tradicional genera mal olor, fauna nociva y otras consecuencias efectos adversos sobre la calidad de vida.

Calentador solar

El calentador solar propuesto en el presente manual tiene un costo aproximado de \$2,583 de materiales. Por el bajo nivel de dificultad en su construcción, es posible que cualquier persona pueda construir el calentador solar propuesto por sí misma, sin necesidad de recurrir a personal especializado en la rama de la carpintería.

Asimismo, comparado con el costo de un calentador solar en el mercado, donde los más pequeños rondan los \$5,000 pesos, el modelo propuesto representa no solo un gran ahorro, sino también una alternativa de bajo costo que permite el reemplazo de piezas fácilmente y de fácil acceso. Por otra parte, implementar este tipo de tecnologías disminuye los costos de compra de combustibles como carbón (~\$25/kg), gas LP (~\$21/kg), gas natural y la madera.

Asimismo, se cuenta con ahorros por efectos de los contaminantes generados, por ejemplo, una menor concentración de contaminantes en la atmósfera genera una menor exposición en la población, lo que se traduce en menores costos por enfermedades adquiridas por contaminación atmosférica, asimismo, menos costos para el estado como compensación de dichas emisiones referentes a los efectos indirectos que éstas provocan.



Estufa solar, Estufa ahorradora Rocket metálica y Estufa ahorradora Rocket de ladrillos

Se realiza a continuación el análisis de las ecotecnias Estufa solar, Estufa ahorradora Rocket metálica y Estufa ahorradora Rocket de ladrillos. Se analizan de forma separada de la ecotecnia Calentador solar debido a que estas se involucran en la cocción de alimentos además del calentamiento de agua.

Ya que es bien sabido que estas tres ecotecnias reducen drásticamente los contaminantes, bien sea porque su principio de funcionamiento ni siquiera los produce (como ocurre en el caso de la cocina solar) o porque su elevada eficiencia en la combustión los emite en bajas cantidades con respecto al fogón tradicional (estufas Rocket), se enfocó el análisis en el esfuerzo económico requerido para contar con los servicios de cocción de alimentos y calentamiento de agua.

Para ello se obtuvo el consumo promedio de leña (FAO, SAGARPA, 2007) y de gas LP (Lagunes-Díaz, 2015) en los hogares, y la proporción en que se destinan a los usos mencionados (García-Ochoa & Graizbord, 2016). Se compararon los costos asociados a estos servicios en un periodo de tiempo de 5 años, considerando en cada caso la adquisición del energético empleado y el bien requerido para su aprovechamiento, en los escenarios en que 1) no se incluye ninguna ecotecnia, y 2) se incluye alguna ecotecnia compatible con el servicio analizado.

Se muestran a continuación los resultados correspondientes a los distintos escenarios.

Cocción de alimentos

Se modeló el gasto relacionado con el consumo energético asociado a la cocción de alimentos para los energéticos GLP y leña, para los casos en no se adopta ninguna ecotecnia, y para los casos en que implementa alguna. Se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

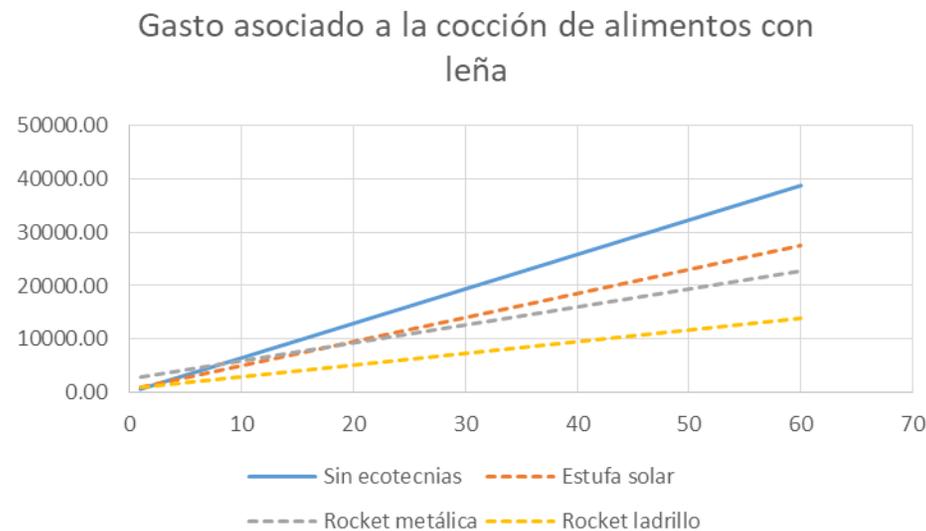
- Se supuso un escenario conservador para la cocina solar, de manera que solo puede emplearse para calentar una comida en el día (cuando el sol está más alto), esto es, asumió solamente un tercio del consumo diario destinado a la cocción de alimentos, por lo que el energético en análisis no se deja de consumir en ningún día.
- En el escenario de consumo de Leña, se puede implementar cualquiera de las ecotecnias de este análisis ya que todas son compatibles, mientras que en el escenario de consumo de GLP no se consideró la adopción de las estufas ahorradoras al considerar que el uso de GLP es un indicativo de un nivel de vida más elevado.



- Se consideró de manera conservadora en el modelo que las ecotecnias conllevan un costo de mantenimiento, mientras que los equipos para el consumo de gas LP o leña no implicaban ninguno, y que en el caso del GLP se adquiere el equipo para realizar la cocción de alimentos (parrilla).

Tomando en cuenta lo anterior, se presentan los resultados obtenidos. En las gráficas siguientes el eje horizontal representa los meses en el periodo de análisis, y el eje vertical representa el gasto derivado de su consumo energético. Las líneas indican los distintos escenarios.

Figura 14. Costos de inversión.



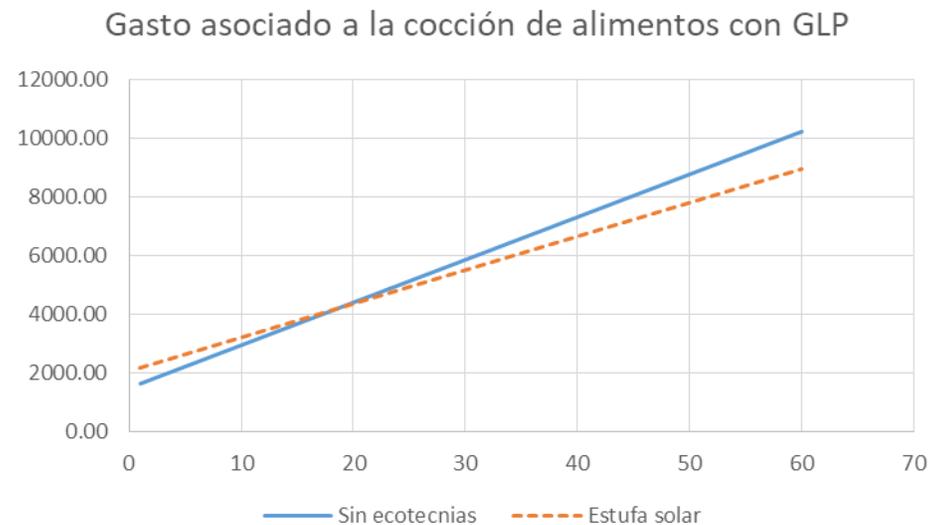
Fuente: Elaboración propia.

En el caso del consumo de leña para la cocción de alimentos, se puede apreciar que la adopción de todas las ecotecnias conllevó un ahorro monetario significativo pese a requerir la inversión inicial necesaria para la elaboración de la ecotecnia y su mantenimiento. Esto se debe a que, aunque el costo de la leña por kg es relativamente bajo en



comparación con el precio del gas LP, este cuenta con un poder calorífico neto mucho mayor por unidad de masa, y a que la combustión de leña en fogones abiertos es muy ineficiente. En este caso, todas las ecotecnias obtuvieron un valor de Costo – Beneficio mayor a dos, esto es, tienen una buena oportunidad de implementarse.

Figura 15. Costos de inversión.



Fuente: Elaboración propia.

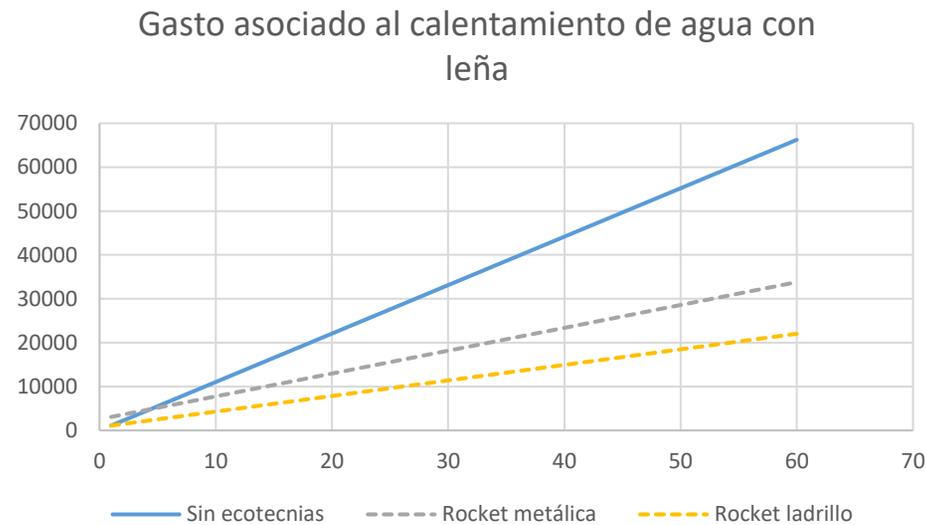
En el caso del consumo de GLP para la cocción de alimentos, sólo se analizó la adopción de la ecotecnia Estufa solar, misma que mostró un costo inicial mayor pero logró conseguir costos acumulados menores que el consumo de GLP sin ecotecnias antes del vigésimo mes. No obstante, obtuvo un valor de Costo - Beneficio por debajo de la unidad, por lo que su implementación en este escenario deberá manejarse con cautela.



Calentamiento de agua

Se modeló una corrida en el caso del calentamiento de agua con leña, comparando con los escenarios en que se implementa alguna de las estufas ahorradoras. Se puede observar que ambas lograron gastos acumulados menores desde antes de cumplirse el primer año, asimismo sus valores de Costo – Beneficio alcanzaron valores mayores a 4, por lo que su adopción generará un ahorro económico importante en los hogares.

Figura 16. Costos de inversión.



Fuente: Elaboración propia.

Conclusión

Se presenta a continuación una tabla con los resultados de los escenarios antes explicados. Se aprecia que los mejores valores se encuentran en el consumo de leña con la estufa ahorradora de ladrillo. Las ecotecnias de cocina solar y estufa



ahorradora metálica tienen una mejor opción en la cocción de alimentos con leña y calentamiento de agua con leña, respectivamente.



Tabla 22. Costos de inversión.

| Servicio energético | Éctico conven | Ecotecnia | Gasto acumulado | Beneficios (ahorros) | Inversión | Valor Costo - Beneficio |
|-----------------------|---------------|-------------------------------|-----------------|----------------------|-------------|-------------------------|
| Cocción de alimentos | Leña | Ninguna | \$ 38,758.39 | \$ - | \$ - | - |
| | | Estufa solar | \$ 27,491.62 | \$ 11,266.77 | \$ 1,670.59 | 6.74 |
| | | Estufa ahorradora metálica | \$ 22,808.91 | \$ 15,949.48 | \$ 7,384.67 | 2.16 |
| | | Estufa ahorradora de ladrillo | \$ 13,793.66 | \$ 24,964.73 | \$ 2,189.60 | 11.40 |
| | GLP | Ninguna | \$ 10,217.19 | \$ - | \$ - | - |
| | | Estufa solar | \$ 8,964.15 | \$ 1,253.04 | \$ 1,670.59 | 0.75 |
| Calentamiento de agua | Leña | Ninguna | \$ 66,241.61 | \$ - | \$ - | - |
| | | Estufa ahorradora metálica | \$ 33,802.20 | \$ 32,439.41 | \$ 7,384.67 | 4.39 |
| | | Estufa ahorradora de ladrillo | \$ 22,038.62 | \$ 44,202.99 | \$ 2,189.60 | 20.19 |

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del GLP, pese a haber logrado costos acumulados menores con la adopción de una ecotecnia, el valor menor a 1 muestra que pese a ser posible, su adopción no tendría una repercusión positiva en el esfuerzo económico del hogar.

A fin de reducir estas vulnerabilidades, es necesario aprovechar los recursos presentes en el estado. Esta tarea no es fácil debido a que para aprovecharlos se necesita de la infraestructura adecuada, que pueden ser equipos en un amplio rango de precios. Las ecotecnias son de bajo costo, fácil adquisición, construcción e implementación por lo que representan soluciones prácticas, eficientes y económicas para afrontar esta problemática. Su implementación permitirá coadyuvar en la seguridad energética, aumentar la calidad de vida de la población y brindar mayores servicios a las comunidades más marginadas.

Tomando en cuenta todo lo anterior, se puede concluir que existe en el Estado de Puebla el potencial de recursos energéticos e hídricos para satisfacer una porción de la demanda de necesidades de la población que no puede cubrirse debido a las limitaciones en la infraestructura o en la disponibilidad del recurso o alguna otra causa. En este contexto, las ecotecnias, que son tecnologías probadas, ofrecen una alternativa técnica y económicamente viable.



10. Esquemas de desarrollo sostenible en la entidad con perspectiva de género para reducir las brechas de desigualdad

Poner fin a la discriminación hacia las mujeres y niñas del mundo es indispensable para el desarrollo sostenible, ya que al empoderarlas se genera un efecto multiplicador que ayuda al crecimiento económico y al desarrollo. Debido a esto, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) le ha dado a la igualdad de género un lugar central en su trabajo, incluyéndolo como el Objetivo 5 del Desarrollo Sostenible (PNUD, 2022).

Entre las metas del Objetivo 5 (Igualdad de Género) se encuentran las siguientes:

- Poner fin a todas las formas de discriminación contra todas las mujeres y las niñas en todo el mundo.
- Reconocer y valorar los cuidados y el trabajo doméstico no remunerados mediante servicios públicos, infraestructuras y políticas de protección social, y promoviendo la responsabilidad compartida en el hogar y la familia.
- Asegurar la participación plena y efectiva de las mujeres y la igualdad de oportunidades de liderazgo a todos los niveles decisorios en la vida política, económica y pública.
- Emprender reformas que otorguen a las mujeres igualdad de derechos a los recursos económicos, así como acceso a la propiedad y al control de la tierra y otros tipos de bienes, los servicios financieros, la herencia y los recursos naturales.
- Aprobar y fortalecer políticas acertadas y leyes aplicables para promover la igualdad de género y el empoderamiento de todas las mujeres y las niñas a todos los niveles.

Agua

El agua limpia y saneamiento se encuentra como otro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Según datos del PNUD, cada vez más países están presentando estrés hídrico⁴, aumento de sequías y desertificación, por lo que se estima que para 2050, al menos una de cada cuatro personas se verá afectada por escasez recurrente de agua.

⁴ El estrés hídrico se presenta cuando la demanda de agua es mayor a la cantidad de agua disponible.



Por otra parte, el aprovechamiento del recurso hídrico en el contexto del cambio climático y la dinámica poblacional ha jugado un rol importante en la disponibilidad de este recurso, pues ha obedecido al ritmo de crecimiento de la población incrementándose la demanda en consecuencia, mientras que el recurso disponible se ha visto reducido debido a la alteración del patrón climático, la contaminación de acuíferos y la reducción de las superficies de infiltración como consecuencia del crecimiento de los asentamientos humanos.

Esto da como resultado que se deba atender la demanda de agua de más personas con menos recursos, lo que vulnera la seguridad hídrica de la población en general, aunque se observa que existe una vulnerabilidad mayor para las mujeres que para los hombres debido a la distribución tradicional de los deberes, en los que las mujeres y las niñas suelen tener la responsabilidad de ir en busca de agua en algunas zonas (rurales principalmente) donde no existen las condiciones para su dotación.

En contraposición el hombre destina su esfuerzo casi exclusivamente al trabajo, a veces a través de la migración, lo que le permite encontrar oportunidades fuera del hogar. En este contexto, el machismo que prevalece en sociedad puede ser el único motivo para delegar esta actividad a las mujeres, restándoles el tiempo que podrían dedicar al trabajo, y evitando así sus ganancias económicas, crecimiento laboral y acceso a otras oportunidades.

En un ámbito diferente del mismo tema, las necesidades de agua para el aseo personal son diferentes entre hombres y mujeres, siendo éstas quienes requieren agua en mayor cantidad debido a características culturales y a la higiene personal. Estas necesidades se obvian en algunos casos.

La falta de servicios de drenaje en el hogar también afecta mayormente a las mujeres que se quedan en casa, mientras los hombres salen al trabajo donde posiblemente puedan contar con este servicio. Esto muestra que la falta de agua y saneamiento gestionado de forma segura es un problema de desigualdad ya que las mujeres y las niñas son afectadas de manera desequilibrada por los deficientes servicios e instalaciones de agua, saneamiento y las condiciones de higiene derivadas.

En relación con la igualdad de género, entre las metas del Objetivo 6 (Agua Limpia y Saneamiento) de los ODS destaca la siguiente: “De aquí a 2030, lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones de vulnerabilidad”.



Mientras que a las mujeres no se les garanticen esos derechos, su salud, seguridad y calidad de vida se verán afectadas profundamente, lo que reduce sus oportunidades educativas, económicas y sociales, es decir, sin servicios adecuados de dotación de agua, el saneamiento e higiene gestionados de forma segura, a las mujeres y niñas se les vulnerará en su capacidad para estudiar, trabajar y vivir con dignidad.

Por todo lo anterior, es importante gestionar la dotación del agua y su tratamiento o saneamiento bajo criterios de esquemas de desarrollo sostenible en la entidad de Puebla con perspectiva de género para reducir las brechas de desigualdad en el sector hídrico. Las mujeres y las niñas deben desempeñar el papel central en el diseño e implementación de soluciones.

Las políticas y los planes de acción en zonas rurales deben responder a las necesidades de las mujeres y las niñas, por lo tanto, la toma de decisiones y la gobernanza de los servicios deben enfocarse a la sensibilidad de género. La incorporación de la equidad de género en las políticas en todos los niveles de gobierno es crucial, lo que a su vez ayudará a la reducción de la pobreza, la salud y educación.

Con base en lo anterior, el esquema planteado para el desarrollo sostenible en la entidad con perspectiva de género para reducir las brechas de desigualdad para el acceso al bien hídrico es brindar opciones de ecotecnias de fabricación familiar y económicas para acercar un poco más de agua de calidad y volumen a sus hogares, a través de la fabricación de sistemas sencillos y prácticos, como los que se plantean de manera específica en este documento.

Energía

El consumo energético y el desarrollo económico de un país son dos fenómenos estrechamente relacionados. Usualmente, a medida que los países progresan económicamente, tienden a aumentar su nivel de vida a través del consumo de energía. Asimismo, el acceso a fuentes modernas de energía es un requisito indispensable para disminuir la pobreza, promover el crecimiento económico, crear oportunidades de empleo, facilitar la prestación de servicios sociales, mejorar los niveles de educación de la población menos favorecida y, en general, promover el desarrollo humano. Debido a esto, la energía asequible y no contaminante se encuentra como uno de los Objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Dehays Rocha & Schuschny, 2018).

Las metas de aquí a 2030 del Objetivo 7 de Desarrollo Sostenible (PNUD, 2022) son:

- Garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.
- Aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.



- Duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.
- Aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias.
- Ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo.

Con base en el género, existe una relación diferente con la energía (Durán Téllez, 2021):

- Las labores comúnmente realizadas por mujeres implican el uso de combustibles y de energía asociados al hogar y al cuidado de la familia.
- En entornos tradicionales, las mujeres cocinan más y por más tiempo, están más expuestas a la contaminación y a enfermedades respiratorias; y si hay falta de energía, tienen que salir a buscarla.
- Las labores realizadas por hombres implican un uso de energía dentro y para actividades productivas con retribución económica, como la industria y el transporte.

Muchas mujeres no cuentan con energía y tecnología para el procesamiento de alimentos, se enferman por el uso de energías tradicionales para cocinar, o su tiempo se ve reducido por no contar con acceso a energía y tecnología que facilite el desarrollo de ciertas actividades.

En este sentido, el Instituto Nacional de las Mujeres menciona cómo la electricidad y la biomasa mejorada ayudan a las mujeres a satisfacer sus necesidades prácticas, estratégicas y productivas. Esto se resume en la tabla a continuación:

Tabla 23. Formas en que la energía ayuda a satisfacer las necesidades de las mujeres.

| Formas de energía | Necesidades prácticas | Necesidades productivas | Necesidades estratégicas |
|--------------------------|--|--|---|
| Electricidad | Bombeo de agua – transportar y llevarla a los molinos. | Incrementar la posibilidad de desarrollar actividades en la noche. | Hace las calles más seguras. Amplía canales de información, comunicación |



| | | | |
|------------------|---|--|---|
| | Mejorar la iluminación y las mejoras de trabajo (incluida la casa). | Refrigeración de alimentos propios o para ventas. | y educación (TV, radio, internet, etc.). |
| Biomasa mejorada | Mejora la salud de las mujeres mediante mejores cocinas. Menos tiempo y esfuerzo en cocinar. | Más tiempo para actividades productivas. Menos costos para la generación de ingresos. | Favorece el control de los bosques naturales. |

Fuente: (Instituto Nacional de las Mujeres, 2018).

Derivado de lo anterior, para combatir la desigualdad de género en el sector energético en el Estado de Puebla se propone:

- Conocer el estado actual de desigualdad de género en el estado y evaluar su progreso.
- Brindar opciones de ecotecnias de fabricación familiar, económicas y con sistemas sencillos y prácticos para incrementar el acceso a la energía: deshidratador solar, calentador solar, estufa solar y estufa ahorradora de leña.
- Capacitar a hombres y mujeres en el uso y mantenimiento de las ecotecnias.
- Crear proyectos energéticos con perspectiva de género, en el que participen las comunidades, organizaciones civiles, empresas privadas, universidades, centros de investigación y las dependencias de gobierno, en sus diferentes ámbitos de competencia. Se recomienda incluir encuestas con variables de género y hacer referencia a necesidades prácticas que impacten en la vida cotidiana de las personas
- Promover la presencia de mujeres en la toma de decisiones respecto de proyectos energéticos.

Incentivar a que más niñas y jóvenes estudien carreras de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas.



11. Beneficios de ecotecnias (ambientales, sociales y económicos)

Las ecotecnias son reconocidas por tener un impacto positivo en los lugares donde se adoptan, tanto para sus usuarios como para el medio ambiente.

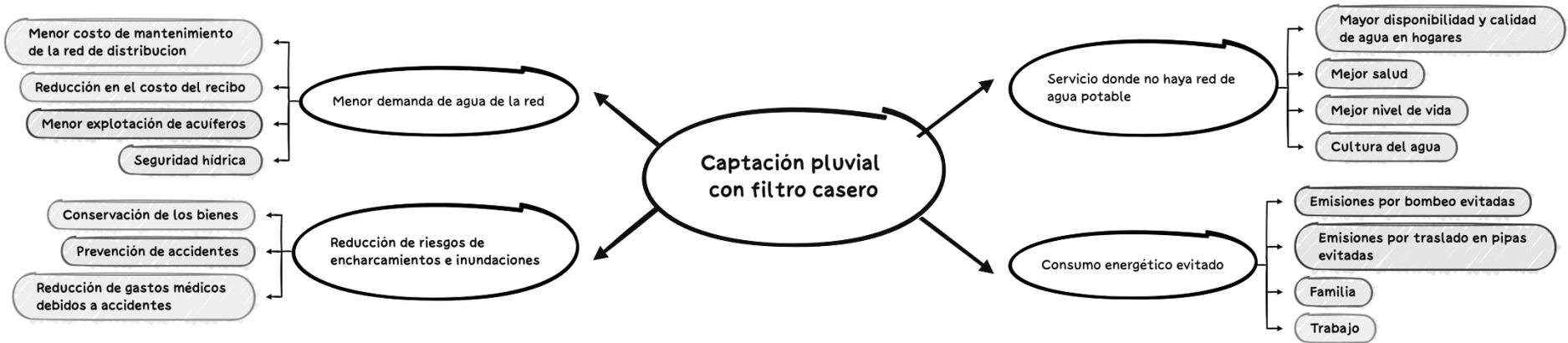
Las ecotecnias se caracterizan por hacer un uso eficiente y, por lo tanto, sostenible de los recursos, lo que repercute en un menor consumo de los mismos, dando oportunidad a la regeneración natural del medio ambiente. Esto es particularmente importante en el caso de los recursos naturales indispensables como el agua, pero también en el caso de los recursos maderables, pues los bosques y selvas brindan un sinnúmero de servicios ambientales entre el que se encuentra el ser sumideros de carbono, lo que ayuda a mitigar el avance del cambio climático hacia los escenarios más graves.

Algunos de los beneficios otorgados por las ecotecnias se traslapan en más de un aspecto, como ocurre por ejemplo con la reducción de la fracción orgánica de los residuos, pues esto implica una menor cantidad de residuos sólidos generados que llegarán a los rellenos sanitarios, y que a su vez tendrá un doble impacto: uno ambiental al reducir la cantidad de materia orgánica que se descompondrá en metano en los rellenos sanitarios, y uno social al prolongar la vida de los rellenos sanitarios, lo que debería verse reflejado en la calidad y el costo del servicio.

A continuación se presentan algunos de los beneficios identificados para las ecotecnias listadas en este manual. Como se puede apreciar en ellos, las ecotecnias brindan beneficios considerables para el medio ambiente y la población en general, no solo para quienes los adoptan, y algunas permiten reducir específicamente la vulnerabilidad de la mujer tanto en su salud como en la carga laboral que sobrellevan.

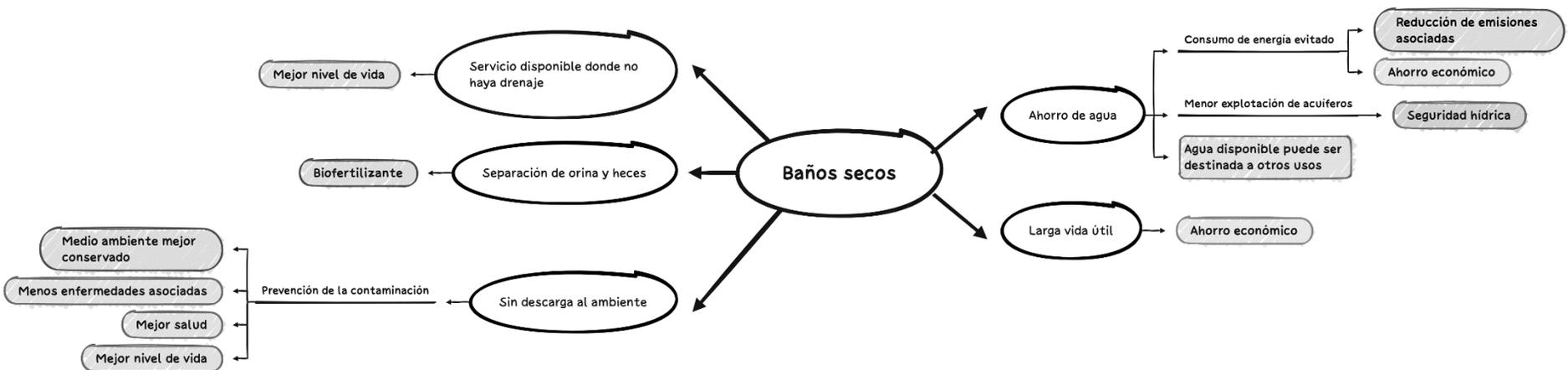


Figura 17. Beneficios de la ecotecnia “captación pluvial con filtro casero”.



Fuente: Elaboración propia.

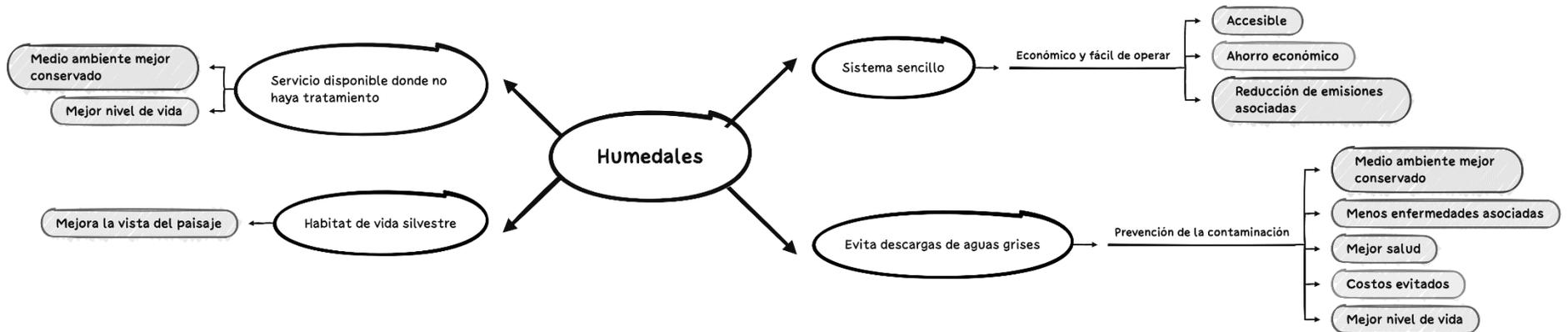
Figura 18. Beneficios de la ecotecnia “baños secos”.



Fuente: Elaboración propia.

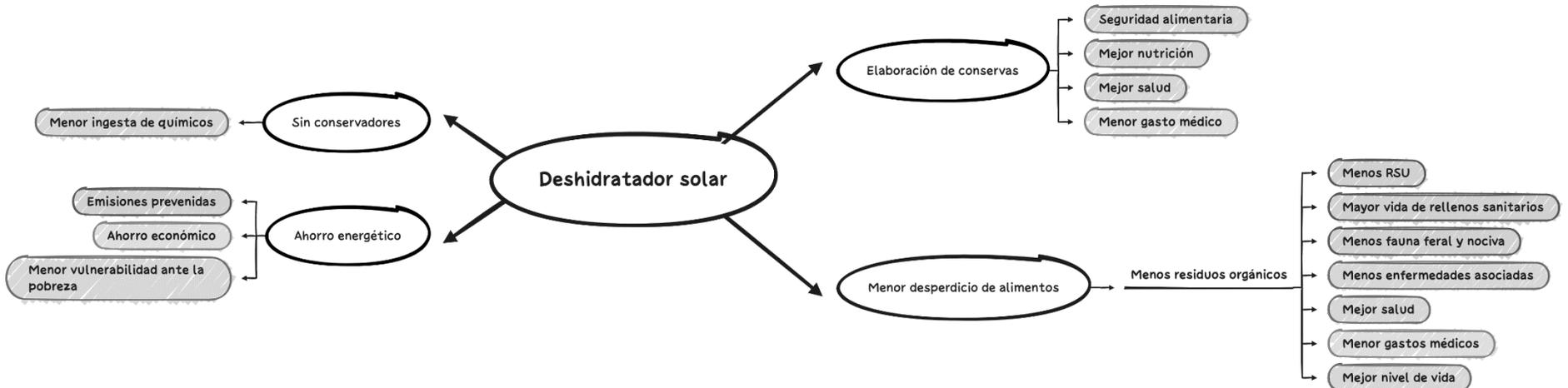


Figura 19. Beneficios de la ecotecnia “humedales”.



Fuente: Elaboración propia.

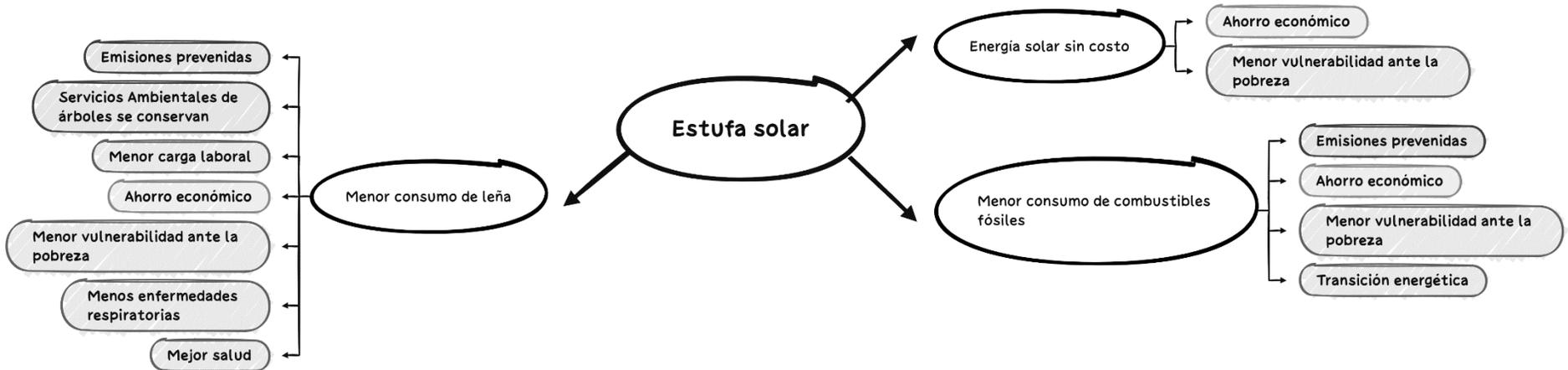
Figura 20. Beneficios de la ecotecnia “deshidratador solar”.



Fuente: Elaboración propia.



Figura 21. Beneficios de la ecotecnia “estufa solar”.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 22. Beneficios de la ecotecnia “estufa ahorradora de leña”.



Fuente: Elaboración propia.



12. Estrategias e implementación de prototipos de ecotecnias en el estado de Puebla

A pesar de las características positivas de las ecotecnias, por sí solas no resolverán los problemas de desigualdad de acceso al agua y a la energía. Además de la parte técnica, se deben generar estrategias a nivel político, social, económico y ambiental que incluyan a las ecotecnias dentro de proyectos transversales y multidisciplinarios, enfocados en mejorar la calidad de vida de la población.

Para lograr impactos duraderos y notables en el ambiente y calidad de vida de los habitantes, la implementación de ecotecnologías debe cumplir como mínimo con los siguientes criterios (Ortiz Moreno, Masera Cerutti, & Fuentes Gutiérrez, 2014):

- Orientar la tecnología al usuario y a su contexto ambiental, socio-económico y cultural.
- Enfocar la ecotecnia a la solución de problemas locales.
- Ser amigables con el ambiente, promoviendo el uso eficiente de recursos, el reciclado y el re-uso de los productos.
- Involucrar a los usuarios mediante estrategias participativas de desarrollo tecnológico.
- Tomar en cuenta las características sociales productivas y económicas de las comunidades.
- Promover la adopción de la tecnología y su impacto en la cotidianidad de los usuarios.
- Involucrar la participación conjunta de distintos sectores como la academia y el gobierno.
- Vincular tanto conocimientos científicos como saberes y conocimientos locales.

El proceso para implementar una ecotecnia (figura siguiente) inicia con reconocer una necesidad no atendida. Una vez identificada, es necesario realizar diagnósticos sociales, económicos y ambientales para determinar la conveniencia de las ecotecnias. Esto implica un fuerte proceso de participación ciudadana y generar un diálogo de saberes entre los diversos actores involucrados, evitando la verticalidad, el clientelismo y el asistencialismo (Tagle Zamora, Ramírez Arellano, & Caldera Ortega, 2017).



Figura 23. Proceso de implementación de ecotecnias (Tagle Zamora, Ramírez Arellano, & Caldera Ortega, 2017).



Asimismo, algunas características importantes que deben tomarse en cuenta en los procesos de difusión de ecotecnias son (Ortiz Moreno, Masera Cerutti, & Fuentes Gutiérrez, 2014):

- Adecuarlos a la estructura social y cultural de la comunidad destinataria (estructura familiar, migraciones, composición política, nivel de organización, etc.).
- Evitar prácticas asistencialistas y clientelares.
- Incluir acciones de seguimiento post implementación y monitoreo.
- Sensibilizar al usuario mediante procesos educativos.
- Finalizar hasta que el usuario utilice la tecnología cotidianamente.

Partiendo de lo anterior, la implementación de las ecotecnias en el Estado de Puebla debería abordarse desde diferentes líneas de acción. En la tabla a continuación se encuentran agrupadas las actividades que se recomienda llevar a cabo en el estado, para lo cual se tomaron como base las actividades realizadas por el Programa para la



Promoción de Calentadores Solares de Agua en México, compiladas por Ortiz Moreno, Maser Cerutti, & Fuentes Gutiérrez (2014).

Tabla 24. Líneas de acción para la implementación de ecotecnias en el Estado de Puebla.

| Línea de acción | Actividades |
|--|---|
| Regulación | <ul style="list-style-type: none">• Elaboración de normas para el diseño e instalación de las ecotecnias.• Incorporación de las ecotecnias en los reglamentos de construcción.• Establecimiento de métodos de prueba para evaluar la calidad de las ecotecnias instaladas. |
| Financiamiento e incentivos económicos | <ul style="list-style-type: none">• Continuación del financiamiento de las ecotecnologías mediante los programas existentes.• Ampliar el financiamiento actual en las áreas de oportunidad de la implementación de ecotecnologías. |
| Capacitación | <ul style="list-style-type: none">• Impartición de cursos de capacitación sobre su diseño, instalación, uso y mantenimiento.• Establecimiento de un mecanismo de certificación para instaladores de las ecotecnologías.• Creación de laboratorios acreditados para realizar pruebas de certificación de sistemas solares. |
| Promoción y difusión | <ul style="list-style-type: none">• Elaboración de una estrategia para la difusión de las ecotecnologías en el sector residencial.• Organización de seminarios y reuniones.• Difusión de la herramienta de factibilidad de ecotecnologías. |
| Gestión | <ul style="list-style-type: none">• Elaboración de un sistema de monitoreo de las ecotecnias en el estado, con perspectiva de género.• Fomento a la cooperación entre los actores involucrados.• Realización de talleres de planificación para la elaboración de planes operativos. |

Fuente: Elaboración propia con información de Ortiz Moreno, Maser Cerutti, & Fuentes Gutiérrez, 2014.



A continuación se describen cada una de las actividades para la implementación de las ecotecnias:

Elaboración de normas para el diseño e instalación de las ecotecnias.

Se propone incentivar y participar en la creación de normas técnicas mexicanas, enfocadas al diseño y a la instalación de las diferentes ecotecnias. De esta forma, se establecerá, por consenso, y con la aprobación de organismos reconocidos, las condiciones mínimas que deberán reunir las ecotecnologías y su proceso de instalación, incrementando así la efectividad de las ecotecnologías y, por ende, la confianza de los usuarios.

Incorporación de las ecotecnias en los reglamentos de construcción.

Actualmente, el Reglamento de Construcciones para el Estado de Puebla se encuentra enfocado a la seguridad y viabilidad de las instalaciones (dimensiones, accesibilidad, número de baños, etc.), por lo que se sugiere integrar, al menos, los temas de protección ambiental y de ahorro de agua y energía.

Establecimiento de métodos de prueba para evaluar la calidad de las ecotecnias instaladas.

Se sugiere desarrollar métodos de prueba estandarizados para evaluar la calidad de las ecotecnias. Esto es con el fin de garantizar que las tecnologías estén funcionando a su máxima eficiencia, además de ser una herramienta más al momento de dar mantenimiento y seguimiento a las ecotecnias.

Los resultados derivados de los métodos de prueba también podrían utilizarse como requisito para el otorgamiento de financiamientos.



Continuación del financiamiento de las ecotecnologías mediante los programas existentes.

Hipoteca Verde

Hipoteca Verde es un programa gubernamental de esquema de créditos para derechohabientes del Infonavit. Es un monto adicional que se le otorga a todos los créditos para que disminuyan su consumo de agua, luz y gas, a través de las siguientes ecotecnologías:

- Uso racional del agua: Inodoros, regaderas, llaves (válvulas), dispositivos para fregaderos y lavabos ahorradores de agua, sistemas modulares para captación de agua pluvial y paneles condensadores de agua potable.
- Uso eficiente de la energía para el ahorro de luz: lámparas fluorescentes compactas autobalastadas (focos ahorradores), lámparas LED, optimizadores de tensión eléctrica, ventanas con doble acristalamiento, sistemas de aire acondicionado ahorradores, aislamiento térmico, acabado reflectivo, aleros y/o ventanas remetidas, refrigeradores de alta eficiencia, lavadoras de grado ecológico y sistemas fotovoltaicos interconectados a la red.
- Uso eficiente de la energía para el ahorro de gas: calentador solar de agua con/sin respaldo de gas, calentador de gas de paso instantáneo y de rápida recuperación y estufas de gas eficientes.

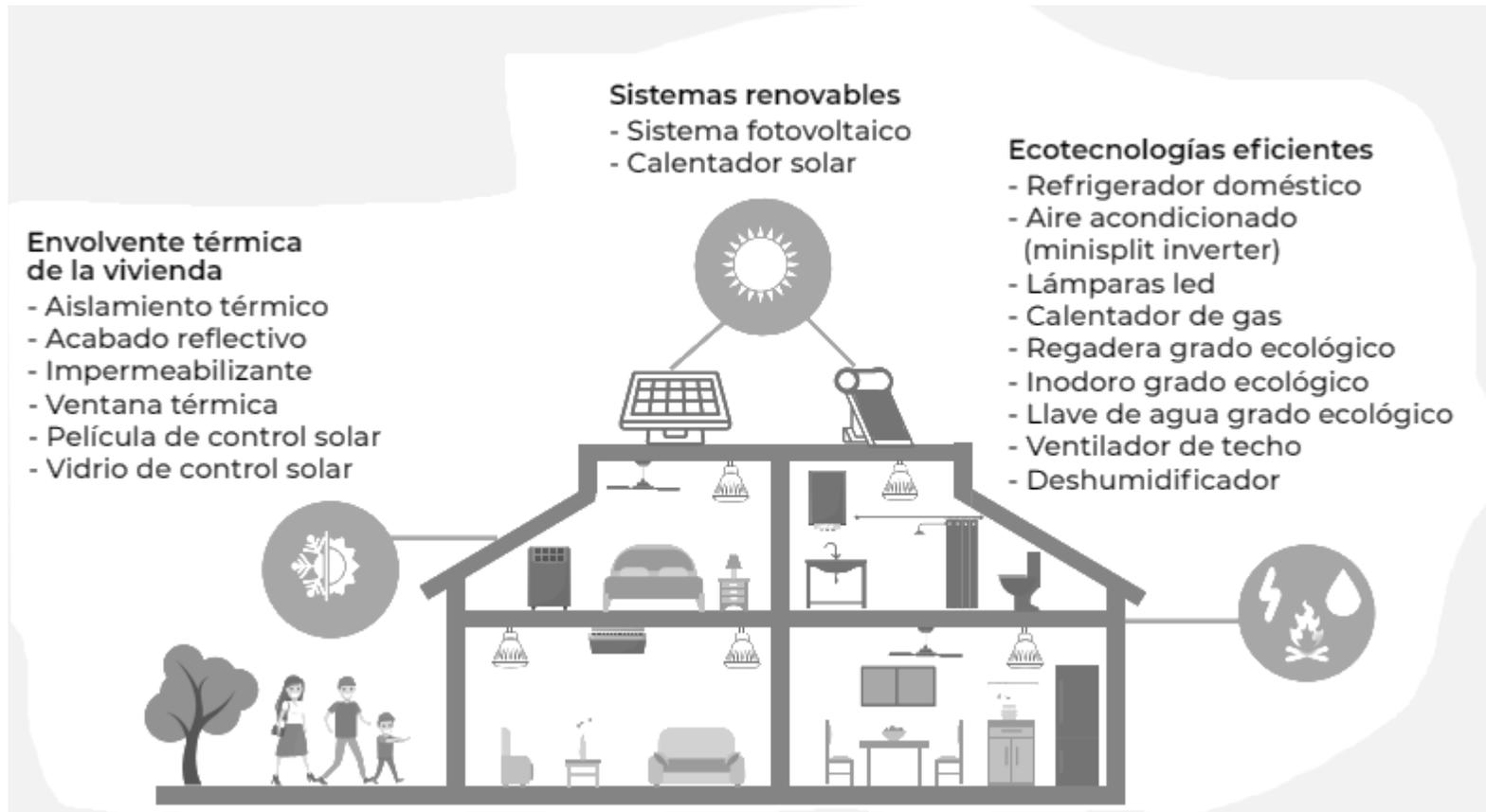
Programa de Vivienda Social (Modalidad de Mejoramiento Integral Sustentable)

Este es un programa en el que participan la Secretaría de Energía (Sener), la Comisión Nacional de Vivienda (Conavi) y el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE). El programa considera un incentivo energético (subsidio) equivalente al 30% del monto de las intervenciones a las viviendas otorgado por la Conavi, el cual se suma al 10% otorgado por la Sener, y créditos a pagar por medio del recibo de CFE para la instalación de ecotecnologías en los hogares y apoyar a la economía familiar en equilibrio con el medio ambiente.

Está dirigido a propietarios de viviendas existentes con ingresos de hasta cinco veces la Unidad de Medida Actualizada (UMA) mensual vigente.



Figura 24. Ecotecnologías incluidas en el Programa de Vivienda Social – Modalidad de Mejoramiento Integral Sustentable.



Fuente: (SENER, CFE, CONAVI, FIDE, 2022).



Programa Nacional de Reconstrucción

El programa está dirigido a la reconstrucción de las viviendas de las personas y comunidades de los municipios afectados por los SISMOS, que no han sido atendidas o que no fueron adecuadamente atendidas.

En este programa, la Conavi entrega el subsidio para la reubicación o reconstrucción de la vivienda, considerando dentro del monto acciones de sustentabilidad. Aquí se incluyen la compra e instalación de ecotecnologías, siempre que exista una carencia de servicios o deficiencia de ellos, que permitan mejorar las condiciones de la vivienda en cuanto al suministro de agua, gas, energía eléctrica y sistemas de saneamiento de agua.

Programa Estatal de Estufas Ecológicas

El programa está destinado para la población que presenta carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda y que habita en viviendas sin chimenea cuando usan leña o carbón para cocinar, de los municipios del Estado de Puebla en situación de pobreza, así como con niveles de “Muy alto” y “Alto” grado de rezago social y de marginación.

Consiste en suministrar e instalar una estufa ecológica con chimenea, así como, los aditamentos necesarios para el óptimo funcionamiento del mismo dentro de la vivienda.

Ampliar el financiamiento actual en las áreas de oportunidad de la implementación de ecotecnologías.

Los financiamientos actuales están muy enfocados al ahorro de energía, por lo que se insta a ampliar el financiamiento hacia sistemas de ahorro y tratamiento de agua, sobre todo, para las comunidades con estrés hídrico y sin red de drenaje.

También se recomienda crear fondos para el monitoreo de las ecotecnologías, que den continuidad a la instalación de las mismas hasta su adopción por parte de las comunidades.



Finalmente, es importante contemplar dentro de los financiamientos la difusión de los programas, ya que muchas veces, la población desconoce de estos o considera que son difíciles de conseguir.

Impartición de cursos de capacitación sobre su diseño, instalación, uso y mantenimiento.

Además de la capacitación técnica sobre el diseño, instalación, uso y mantenimiento de las ecotecnias, es importante incluir estrategias de sensibilización sobre la importancia del cuidado al medio ambiente y los beneficios de las mismas, para ello se sugiere incluir dentro del contenido de capacitación los siguientes temas:

- Importancia del cuidado al medio ambiente.
- Problemas de las tecnologías tradicionales.
- Tipos de ecotecnias.
- Beneficios ambientales, económicos y sociales de las ecotecnias.
- Casos de éxito a nivel estatal, nacional y mundial.

Se recomiendan capacitaciones dirigidas a técnicos y usuarios, adecuadas a sus necesidades, teórico-prácticas y con personal calificado.

También se podrían generar talleres y cursos técnicos dirigidos especialmente para la población sin empleo, para promover a su vez, el servicio comunitario y la formación de microempresas.

Establecimiento de un mecanismo de certificación para instaladores de las ecotecnologías.

Existe un gran número de empresas y distribuidores que no llevan un control del personal que instala las ecotecnologías, esto ha propiciado que, a partir de experiencias negativas, algunos usuarios abandonen sus productos, por considerarlos costosos y poco funcionales (Ortiz Moreno, Masera Cerutti, & Fuentes Gutiérrez, 2014).

Debido a lo anterior, es importante contar con proveedores confiables en la instalación de las ecotecnologías. Esto garantizaría el óptimo funcionamiento de las mismas y mejoraría su percepción social.



Creación de laboratorios acreditados para realizar pruebas de certificación de sistemas solares.

Actualmente, existe una sola Norma Oficial Mexicana en Eficiencia Energética para ecotecnologías. Se trata de la NOM-027-ENER/SCFI-2018 “Rendimiento térmico, ahorro de gas y requisitos de seguridad de los calentadores de agua solares y de los calentadores de agua solares con respaldo de un calentador de agua que utiliza como combustible gas L.P. o gas natural. Especificaciones, métodos de prueba y etiquetado”.

Y, de acuerdo con la página oficial de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), existen sólo 3 laboratorios acreditados para la norma, los cuales se ubican en Coahuila, Guanajuato y Estado de México (Conuee, 2018).

Esto demuestra la necesidad de crear laboratorios acreditados para la certificación de los calentadores solares en el Estado de Puebla, así como la creación de normatividad referente a ecotecnologías y de estándares de certificación.

Elaboración de una estrategia para la difusión de las ecotecnologías en el sector residencial.

Se recomienda elaborar una estrategia de promoción de las ecotecnologías enfocada al sector residencial, seleccionando los medios más rentables y efectivos para dar a conocer los beneficios de las ecotecnologías y los programas de financiamiento vigentes.

Los medios de comunicación podrían incluir:

- Medios impresos.
- Medios electrónicos.
- Medios digitales.
- Medios de comunicación al aire libre.

Organización de seminarios y reuniones.

Es importante dar a conocer las experiencias de las ecotecnologías implementadas dentro y fuera del estado. Los actores que han consolidado y adoptado las ecotecnologías en su vida diaria podrán compartir su proceso de aprendizaje y resolver las dudas de los potenciales usuarios.



Difusión de la herramienta de factibilidad de ecotecnologías.

Actualmente existe una herramienta de factibilidad de ecotecnologías desarrollada por la Conavi (Conavi, 2022), en esta se seleccionan el estado, municipio, zona climática, ámbito (rural o urbano), programa (Programa de Vivienda Social y Programa Nacional de Reconstrucción) y el tipo de intervención (mejoramiento de vivienda, ampliación de vivienda, vivienda nueva, etc.). Como resultado, se despliegan las ecotecnologías factibles de financiamiento y su precio promedio de adquisición. Por lo tanto, se sugiere darla a conocer más entre la población del Estado de Puebla.

Elaboración de un sistema de monitoreo de las ecotecnias en el estado, con perspectiva de género.

Es importante llevar un seguimiento posterior a la instalación de las ecotecnias para confirmar que los sistemas funcionan y que los usuarios están satisfechos. Llevar a cabo un sistema de monitoreo permitiría medir los alcances, identificar medidas de gestión y asegurar la consecución de los programas (Ortiz Moreno, Masera Cerutti, & Fuentes Gutiérrez, 2014).

También es indispensable dar un seguimiento con perspectiva de género de las ecotecnias, ya que, al conocer el rol que desempeñan los hombres y mujeres, se podrán conocer mejor las necesidades de las comunidades y, por ende, las ecotecnias se adaptarán al contexto socioeconómico y cultural de la población.

Fomento a la cooperación entre los actores involucrados.

La cooperación entre los actores inmersos en el diseño, fabricación, instalación, importación, distribución y monitoreo de las ecotecnias tiene un papel fundamental en la adopción y aceptación social de la tecnología. Para ello es indispensable fomentar la comunicación entre empresas, dependencias gubernamentales, usuarios, académicos, asociaciones civiles y otros expertos.

Se recomienda iniciar por generar redes de contacto con los distintos Ayuntamientos y juntas auxiliares de las zonas donde hay mayor viabilidad de implementación (por su clima, actividades económicas y sociales).

También es importante generar vínculos con proveedores de las materias primas requeridas, dado que se ha demostrado que establecer y mantener vínculos con los proveedores es esencial para el éxito de los proyectos.



Realización de talleres de planificación para la elaboración de planes operativos.

Son necesarios talleres de planificación entre los actores involucrados, para decidir, entre otras cosas, los objetivos, alcances, estrategias e indicadores de evaluación para la implementación de ecotecnias en el estado.

Cabe destacar que la participación de la comunidad durante la planeación está directamente relacionada con el buen funcionamiento de las ecotecnias a mediano y largo plazo.

También es importante considerar que los planes estarán sujetos a cambios para adaptarse a las circunstancias que se presenten en el contexto ambiental, político, social y económico.

Considerando las actividades previamente descritas, la implementación de las ecotecnias podría resumirse en las fases mostradas en la figura a continuación.



Figura 25. Fases propuestas para la implementación de las ecotecnias en el Estado de Puebla.



Fuente: Elaboración propia con información de Ortiz Moreno, Masera Cerutti, & Fuentes Gutiérrez (2014).



Bibliografía

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2008). Deshidratador solar de alimentos. Transferencia de Tecnología y divulgación sobre técnicas para el desarrollo humano y forestal sustentable. (1era ed.) México: Impre- Jal S.A. de C.V.

Rodríguez Villamil, D. A., Bohórquez Mariño, J. L. (2016). Diseño de un colector solar de placa plana para la deshidratación de productos agroindustriales. Colombia: Universidad Libre, Facultad de Ingeniería. Anteproyecto de grado en Ingeniería Mecánica.

Gobierno de San Luis Potosí (2021). Ecotecnias. Gobierno de San Luis Potosí. <https://slp.gob.mx/segam/Paginas/Ecotecnias.aspx>. Consultado el 18 de septiembre del 2022.

Ecotec (2022). Cocinas Solares. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). <https://ecotec.unam.mx/ecoteca/cocinas-solares>. Consultado el 18 de septiembre del 2022.

Alcubierre, Diego (Striatum Energy). (s/f). Sol-Ila La Estufa Solar Casera. <https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/Manual-para-construir-Estufa-Solar.pdf>. Consultado el 18 de septiembre del 2022.

Espinoza S., Jaime. (2016). Innovación en el deshidratado solar. Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería, volumen 24 (Agosto 2016). <https://doi.org/10.4067/S0718-33052016000500010>.

Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. (2016). México. Ecotecnias. Guía práctica para comunidades indígenas. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/173389/ecotecnias-comunidades.indigenas-2016.pdf>

Juárez Núñez, A. (2015, invierno 3). Energías renovables en el estado de Puebla y su posibilidad de utilización. Repositorio Institucional de la Universidad Iberoamericana Puebla. Número 03. Energías Renovables. <https://repositorio.iberopuebla.mx/handle/20.500.11777/714>



Calixto Andriano, R. (2015). Balance regional de energía (Puebla – Tlaxcala 2010): impacto y potenciales [Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Facultad de Ingeniería Química.]. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/6997/871914TL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Arroyo Luna, I. B., & Cortés Vázquez, O. (2013). Estudio de factibilidad de iluminación con tecnología LED conectado con panel fotovoltaico [Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.]. <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/360/1/Tesis%20Israel%20Arroyo%20Luna%2C%20Od%C3%B3n%20Cort%C3%A9s%20V%C3%A1zquez.pdf>

Gobierno de México (s/f). Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias. Gobierno de México. Recuperado el 9 de invierno de 2022, de <https://www.gob.mx/sener/articulos/atlas-nacional-de-zonas-con-alto-potencial-de-energias-limpias?idiom=es>

Barrientos Mónico, Carlos Roberto, 1957- Calentador solar de agua para usos domésticos con control de variables y funcionamiento con Arduino / Carlos Roberto Barrientos Mónico. -- 1ª ed. -- Santa Tecla, La Libertad El Salv. : ITCA Editores, 2017.33 p. : il. ; 28 cm, de <https://www.itca.edu.sv/wp-content/uploads/2021/02/05-Calentador-Solar.pdf>

Secretaría de Energía del Gobierno Federal de México (2021). Balance Nacional de Energía 2020. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/707654/BALANCE_NACIONAL_ENERGIA_0403.pdf

INEGI. (2020). Rural y urbana. Cuéntame INEGI. <https://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/pue/poblacion/distribucion.aspx?tema=me&e=21>

Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (Sedema), Isla Urbana (iu), Instituto Internacional de Recursos Renovables (irri). (2020). Cosechar la lluvia, Manual para instalarlo en tu vivienda. Sedema/iu/irri. México.

CONAGUA (2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Saneamiento Básico. México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA (2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Zonas Rurales, Periurbanas y Desarrollos Ecoturísticos. México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.



CONAGUA (2015). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Cultura del Agua. México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

López Méndez, A. V. (2014). Manual para la elaboración de filtros caseros, dirigido a los Usuarios del Centro de Salud Norte del municipio de Huehuetenango. Tesis de licenciatura no publicada. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Valdés Kuri, L; Ricalde de Jager, A. (2010). Ecohábitat. Experiencias rumbo a la sustentabilidad. México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
<https://issuu.com/bionero/docs/ecohabitat>

CEPPMAS. (s/f). Manual de ecotecnias y prácticas sustentables. SEDESOL.
<http://indesol.gob.mx/cedoc/pdf/III.%20Desarrollo%20Social/Ecotecnias/Manual%20de%20Ecotecnias%20y%20Pr%C3%A1cticas%20Sustentables.pdf>

Castillo Hube, M (s/f). Manual práctico de capacitación en ecotecnias para el uso sustentable del recurso hídrico en la comuna de Monte Patria, Localidad Chañaral Alto (Región de Coquimbo).
<https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2015/09/Manual-Pr%C3%A1ctico-de-Capacitaci%C3%B3n-en-Ecotecnias-para-el-Uso-Sustentable.pdf>



Glosario

Consumo nacional de energía: La demanda de energía o consumo nacional de energía está compuesta por el consumo del sector energético, por las recirculaciones, por la diferencia estadística y por el consumo final total.

Cloración: Proceso de desinfección de agua que consiste en agregar una cantidad pequeña de cloro a determinado volumen de agua para evitar infecciones debido a los microorganismos.

Deshidratación: Proceso de conservación de alimentos que consiste en la eliminación del agua presente para prolongar su tiempo de vida.

Deshidratador solar: Es un dispositivo que utiliza la radiación solar para deshidratar alimentos.

Ecotecnia: Tecnologías compatibles con el medio ambiente, eficientes y con mínimo impacto.

Energía solar: Es una energía renovable proveniente de la radiación electromagnética del sol y puede presentarse en forma de luz y calor.

Energía solar térmica: Es la energía proveniente de la radiación electromagnética del sol presentada en forma de calor.

Estufa solar: Es un dispositivo diseñado para concentrar la energía solar en un punto determinado, para lograr la cocción de los alimentos.

Gas LP: Gas licuado de petróleo, combustible empleado comúnmente para cocinar y calentar agua.

Mortero: Mezcla empleada para unir ladrillos y realizar acabados.

Placa de MDF: Tablero de fibras de madera de densidad media uniforme (*medium density fibreboard* en inglés). Se emplea en la fabricación de muebles y en la industria de la construcción.

Producción de energía: Se define como la energía extraída de reservas fósiles y fuentes de biocombustibles, así como la captación y aprovechamiento de las Energías Renovables a partir del agua, viento, luz solar, etc., y que es explotada y producida dentro del territorio nacional, técnica y económicamente utilizable o comercializable.



Sustentabilidad: es la habilidad de lograr prosperidad económica sostenida en el tiempo protegiendo, al mismo tiempo, los sistemas naturales del planeta y proveyendo una alta calidad de vida para las personas.

Zona o sitio con alto potencial: Es aquella zona/sitio en la que se han realizado estudios de campo o teóricos para determinar cuantitativamente la cantidad de energía eléctrica que puede generar una tecnología específica, partiendo del recurso limpio existente y considerando factores sociales, ambientales y de infraestructura.



Lista de tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Instrumentos jurídicos en materia de agua y energía, por nivel..... | 6 |
| Tabla 2. Posibilidades y limitaciones de la ecotecnia “Captura de agua de lluvia”..... | 11 |
| Tabla 3. Posibilidades y limitaciones de la ecotecnia “Filtro casero”..... | 18 |
| Tabla 4. Posibilidades y limitaciones de la ecotecnia “Baños secos”..... | 29 |
| Tabla 5. Posibilidades y limitaciones de la ecotecnia “Humedales”..... | 40 |
| Tabla 6. Tamaño de humedal de flujo subsuperficial horizontal calculado para una casa promedio. | 44 |
| Tabla 7. Posibilidades y limitaciones de la ecotecnia “Deshidratador solar”..... | 54 |
| Tabla 8. Posibilidades y limitaciones de la ecotecnia “Calentador solar”..... | 68 |
| Tabla 9. Posibilidades y limitaciones de la ecotecnia “Calentador solar”..... | 78 |
| Tabla 10. Tiempo estimado para la cocción de alimento en la estufa solar CRISOL. | 79 |
| Tabla 11. Posibilidades y limitaciones de la ecotecnia “Estufa ahorradora tipo Rocket de ladrillos”..... | 92 |
| Tabla 12. Posibilidades y limitaciones de la ecotecnia “Estufa ahorradora tipo Rocket metálica”..... | 103 |
| Tabla 13. Bienes económicos seleccionados y su relación con satisfactores, necesidades y usos finales de energía..... | 118 |
| Tabla 14. <i>Municipios con mejor desempeño en el Índice de Pobreza Energética</i> | 120 |
| Tabla 15. <i>Municipios con peor desempeño en el Índice de Pobreza Energética</i> | 121 |
| Tabla 16. Índice de Pobreza Energética por regiones, 2020..... | 123 |
| Tabla 17. <i>Principales carencias de bienes indicadores en los hogares poblanos, 2020.</i> | 125 |
| Tabla 18. Costos de inversión..... | 126 |
| Tabla 19. Costos en salud..... | 127 |
| Tabla 20. Costos de un baño tradicional..... | 128 |
| Tabla 21. Costos de inversión..... | 131 |
| Tabla 22. Costos de inversión..... | 137 |
| Tabla 23. Formas en que la energía ayuda a satisfacer las necesidades de las mujeres..... | 141 |
| Tabla 24. Líneas de acción para la implementación de ecotecnias en el Estado de Puebla..... | 149 |



Lista de figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Componentes de un sistema de captación de lluvia. | 12 |
| Figura 2. Ejemplo de montaje del sistema de captación en una vivienda. | 15 |
| Figura 3. Colocación y uso del filtro. | 21 |
| Figura 4. Esquema horizontal de un humedal construido para el tratamiento de aguas grises. | 41 |
| Figura 5. Espadañas. | 45 |
| Figura 6. Juncos. | 45 |
| Figura 7. Carrizos. | 45 |
| Figura 8. Funcionamiento del deshidratador solar. | 56 |
| Figura 9. Calentador solar en operación durante el día (izquierda) y la noche (derecha). | 67 |
| Figura 10. Zonas de incidencia de la radiación en la estufa solar y posiciones. | 79 |
| Figura 11. Vista general de las partes de la cocina. | 82 |
| Figura 12. Estufa ahorradora de leña tipo <i>rocket</i> con alimentación en “V”. | 93 |
| Figura 13. Estufa ahorradora de leña tipo <i>rocket</i> con alimentación en “V”. | 102 |
| Figura 14. Costos de inversión. | 133 |
| Figura 15. Costos de inversión. | 134 |
| Figura 16. Costos de inversión. | 135 |
| Figura 17. Beneficios de la ecotecnia “captación pluvial con filtro casero”. | 144 |
| Figura 18. Beneficios de la ecotecnia “baños secos”. | 144 |
| Figura 19. Beneficios de la ecotecnia “humedales”. | 145 |
| Figura 20. Beneficios de la ecotecnia “deshidratador solar”. | 145 |
| Figura 21. Beneficios de la ecotecnia “estufa solar”. | 146 |
| Figura 22. Beneficios de la ecotecnia “estufa ahorradora de leña”. | 146 |
| Figura 23. Proceso de implementación de ecotecnias (Tagle Zamora, Ramírez Arellano, & Caldera Ortega, 2017). | 148 |
| Figura 24. Ecotecnologías incluidas en el Programa de Vivienda Social – Modalidad de Mejoramiento Integral Sustentable. | 152 |
| Figura 25. Fases propuestas para la implementación de las ecotecnias en el Estado de Puebla. | 158 |



Anexo 1 Captura de agua de lluvia anual en una vivienda promedio, por municipio

| No. | Municipio | Captura (L) | No. | Municipio | Captura (L) | No. | Municipio | Captura (L) |
|-----|-----------------|-------------------|-----|-----------------------|-------------------|-----|---------------------------|-------------------|
| 1 | Acajete | 44,800 – 70,400 | 74 | Huejotzingo | 57,600 – 70,400 | 146 | Santa Catarina Tlaltempan | 44,800 – 57,600 |
| 2 | Acateno | 89,600 – 230,400 | 75 | Hueyapan | 89,600 – 230,400 | 147 | Santa Inés Ahuatempan | 44,800 – 57,600 |
| 3 | Acatlán | 44,800 – 57,600 | 76 | Hueytamalco | 96,000 – 230,400 | 148 | Santa Isabel Cholula | 51,200 – 64,000 |
| 4 | Acatzingo | 38,400 – 57,600 | 77 | Hueytlalpan | 153,600 – 198,400 | 149 | Santiago Miahuatlán | 25,600 – 38,400 |
| 5 | Acteopan | 51,200 – 64,000 | 78 | Huitzilán de Serdán | 89,600 – 128,000 | 150 | Huehuetlán el Grande | 44,800 – 57,600 |
| 6 | Ahuacatlán | 89,600 – 134,400 | 79 | Huitziltepec | 38,400 – 44,800 | 151 | Santo Tomás Hueyotlipán | 38,400 – 44,800 |
| 7 | Ahuatlán | 44,800 – 57,600 | 80 | Atlequizayan | 153,600 – 166,400 | 152 | Soltepec | 32,000 – 57,600 |
| 8 | Ahuazotepec | 57,600 – 102,400 | 81 | Ixcamilpa de Guerrero | 44,800 – 57,600 | 153 | Tecali de Herrera | 38,400 – 51,200 |
| 9 | Ahuehuetitla | 44,800 – 51,200 | 82 | Ixcaquixtla | 38,400 – 51,200 | 154 | Tecamachalco | 32,000 – 44,800 |
| 10 | Ajalpan | 19,200 – 198,400 | 83 | Ixtacamaxtitlán | 38,400 – 57,600 | 155 | Tecomatlán | 51,200 – 64,000 |
| 11 | Albino Zertuche | 44,800 – 57,600 | 84 | Ixtepec | 153,600 – 198,400 | 156 | Tehuacán | 25,600 – 51,200 |
| 12 | Aljojuca | 38,400 – 44,800 | 85 | Izúcar de Matamoros | 44,800 – 57,600 | 157 | Tehuitzingo | 44,800 – 57,600 |
| 13 | Altepexi | 19,200 – 32,000 | 86 | Jalpan | 121,600 – 166,400 | 158 | Tenampulco | 121,600 – 134,400 |
| 14 | Amixtlán | 121,600 – 134,400 | 87 | Jolalpan | 51,200 – 64,000 | 159 | Teopantlán | 51,200 – 64,000 |
| 15 | Amozoc | 57,600 – 70,400 | 88 | Jonotla | 153,600 – 262,400 | 160 | Teotlalco | 51,200 – 64,000 |
| 16 | Aquixtla | 38,400 – 57,600 | 89 | Jopala | 153,600 – 262,400 | 161 | Tepanco de López | 25,600 – 51,200 |
| 17 | Atempan | 57,600 – 96,000 | 90 | Juan C. Bonilla | 57,600 – 64,000 | 162 | Tepango de Rodríguez | 121,600 – 134,400 |



| No. | Municipio | Captura (L) | No. | Municipio | Captura (L) | No. | Municipio | Captura (L) |
|-----|----------------------|-------------------|-----|------------------------------|-------------------|-----|-----------------------------|-------------------|
| 18 | Atexcal | 38,400 – 51,200 | 91 | Juan Galindo | 70,400 – 83,200 | 163 | Tepatlatxco de Hidalgo | 57,600 – 70,400 |
| 19 | Atlixco | 57,600 – 83,200 | 92 | Juan N. Méndez | 38,400 – 51,200 | 164 | Tepeaca | 38,400 – 57,600 |
| 20 | Atoyatempan | 38,400 – 44,800 | 93 | Lafragua | 19,200 – 70,400 | 165 | Tepemaxalco | 51,200 – 64,000 |
| 21 | Atzala | 51,200 – 64,000 | 94 | Libres | 25,600 – 57,600 | 166 | Tepeojuma | 51,200 – 64,000 |
| 22 | Atzitzihuacán | 57,600 – 83,200 | 95 | La Magdalena Tlatlauquitepec | 44,800 – 57,600 | 167 | Tepetzintla | 70,400 – 102,400 |
| 23 | Atzitzintla | 25,600 – 57,600 | 96 | Mazapiltepec de Juárez | 32,000 – 57,600 | 168 | Tepexco | 51,200 – 64,000 |
| 24 | Axutla | 44,800 – 57,600 | 97 | Mixtla | 38,400 – 51,200 | 169 | Tepexi de Rodríguez | 38,400 – 57,600 |
| 25 | Ayotoxco de Guerrero | 153,600 – 230,400 | 98 | Molcaxac | 38,400 – 44,800 | 170 | Tepeyahualco | 19,200 – 44,800 |
| 26 | Calpan | 57,600 – 70,400 | 99 | Cañada Morelos | 19,200 – 38,400 | 171 | Tepeyahualco de Cuauhtémoc | 38,400 – 44,800 |
| 27 | Caltepec | 25,600 – 51,200 | 100 | Naupan | 121,600 – 134,400 | 172 | Tetela de Ocampo | 38,400 – 102,400 |
| 28 | Camocuautla | 128,000 – 160,000 | 101 | Nauzontla | 121,600 – 166,400 | 173 | Teteles de Á. vila Castillo | 89,600 – 102,400 |
| 29 | Caxhuacan | 185,600 – 230,400 | 102 | Nealtican | 51,200 – 64,000 | 174 | Teziutlán | 70,400 – 230,400 |
| 30 | Coatepec | 153,600 – 166,400 | 103 | Nicolás Bravo | 25,600 – 44,800 | 175 | Tianguismanalco | 57,600 – 70,400 |
| 31 | Coatzingo | 44,800 – 57,600 | 104 | Nopalucan | 32,000 – 57,600 | 176 | Tilapa | 51,200 – 64,000 |
| 32 | Cohetzala | 44,800 – 57,600 | 105 | Ocotepec | 32,000 – 57,600 | 177 | Tlacotepec de Benito Juárez | 25,600 – 51,200 |
| 33 | Cohuecan | 57,600 – 70,400 | 106 | Ocoyucan | 51,200 – 64,000 | 178 | Tlacuilotepec | 153,600 – 166,400 |
| 34 | Coronango | 51,200 – 64,000 | 107 | Olintla | 153,600 – 230,400 | 179 | Tlachichuca | 32,000 – 83,200 |
| 35 | Coxcatlán | 19,200 – 70,400 | 108 | Oriental | 19,200 – 38,400 | 180 | Tlahuapan | 57,600 – 70,400 |
| 36 | Coyomeapan | 32,000 – 262,400 | 109 | Pahuatlán | 121,600 – 134,400 | 181 | Tlaltenango | 51,200 – 64,000 |
| 37 | Coyotepec | 38,400 – 51,200 | 110 | Palmar de Bravo | 19,200 – 44,800 | 182 | Tlanepantla | 38,400 – 44,800 |
| 38 | Cuapiaxtla de Madero | 38,400 – 51,200 | 111 | Pantepec | 121,600 – 128,000 | 183 | Tlaola | 153,600 – 166,400 |
| 39 | Cuautempan | 70,400 – 134,400 | 112 | Petlalcingo | 44,800 – 57,600 | 184 | Tlapacoya | 153,600 – 166,400 |



| No. | Municipio | Captura (L) | No. | Municipio | Captura (L) | No. | Municipio | Captura (L) |
|-----|------------------------|-------------------|-----|----------------------------------|-------------------|-----|-----------------------------|-------------------|
| 40 | Cuautinchán | 44,800 – 57,600 | 113 | Piaxtla | 44,800 – 57,600 | 185 | Tlapanalá | 51,200 – 64,000 |
| 41 | Cuautlancingo | 51,200 – 64,000 | 114 | Puebla | 25,600 – 57,600 | 186 | Tlatlauquitepec | 38400 – 262,400 |
| 42 | Cuayuca de Andrade | 44,800 – 57,600 | 115 | Quecholac | 25,600 – 57,600 | 187 | Tlaxco | 160,000 – 166,400 |
| 43 | Cuetzalan del Progreso | 121,600 – 262,400 | 116 | Quimixtlán | 89,600 – 134,400 | 188 | Tochimilco | 51,200 – 83,200 |
| 44 | Cuyoaco | 38,400 – 57,600 | 117 | Rafael Lara Grajales | 32,000 – 44,800 | 189 | Tochtepec | 38,400 – 44,800 |
| 45 | Chalchicomula de Sesma | 25,600 – 57,600 | 118 | Los Reyes de Juárez | 38,400 – 51,200 | 190 | Totoltepec de Guerrero | 44,800 – 57,600 |
| 46 | Chapulco | 25,600 – 38,400 | 119 | San Andrés Cholula | 51,200 – 64,000 | 191 | Tulcingo | 44,800 – 64,000 |
| 47 | Chiautla | 44,800 – 57,600 | 120 | San Antonio Cañada | 25,600 – 44,800 | 192 | Tuzamapan de Galeana | 153,600 – 230,400 |
| 48 | Chiautzingo | 57,600 – 70,400 | 121 | San Diego la Mesa Tochimiltzingo | 51,200 – 64,000 | 193 | Tzicatlacoyan | 38,400 – 51,200 |
| 49 | Chiconcuautla | 89,600 – 134,400 | 122 | San Felipe Teotlalcingo | 57,600 – 64,000 | 194 | Venustiano Carranza | 89,600 – 102,400 |
| 50 | Chichiquila | 121,600 – 128,000 | 123 | San Felipe Tepatlán | 160,000 – 192,000 | 195 | Vicente Guerrero | 32,000 – 70,400 |
| 51 | Chietla | 51,200 – 64,000 | 124 | San Gabriel Chilac | 19,200 – 38,400 | 196 | Xayacatlán de Bravo | 44,800 – 57,600 |
| 52 | Chigmecatitlán | 38,400 – 64,000 | 125 | San Gregorio Atzompa | 51,200 – 64,000 | 197 | Xicotepec | 121,600 – 166,400 |
| 53 | Chignahuapan | 38,400 – 57,600 | 126 | San Jerónimo Tecuanipan | 51,200 – 64,000 | 198 | Xicotlán | 44,800 – 57,600 |
| 54 | Chignautla | 38,400 – 102,400 | 127 | San Jerónimo Xayacatlán | 57,600 – 64,000 | 199 | Xiutetelco | 32,000 – 134,400 |
| 55 | Chila | 44,800 – 57,600 | 128 | San José Chiapa | 25,600 – 44,800 | 200 | Xochiapulco | 57,600 – 102,400 |
| 56 | Chila de la Sal | 38,400 – 51,200 | 129 | San José Miahuatlán | 19,200 – 38,400 | 201 | Xochiltepec | 51,200 – 64,000 |
| 57 | Honey | 70,400 – 102,400 | 130 | San Juan Atenco | 32,000 – 51,200 | 202 | Xochitlán de Vicente Suárez | 89,600 – 134,400 |



| No. | Municipio | Captura (L) | No. | Municipio | Captura (L) | No. | Municipio | Captura (L) |
|-----|------------------------|-------------------|-----|----------------------------|-------------------|-----|------------------------|-------------------|
| 58 | Chilchotla | 44,800 – 102,400 | 131 | San Juan Atzompa | 38,400 – 51,200 | 203 | Xochitlán Todos Santos | 38,400 – 51,200 |
| 59 | Chinantla | 44,800 – 57,600 | 132 | San Martín Texmelucan | 51,200 – 64,000 | 204 | Yaonáhuac | 89,600 – 230,400 |
| 60 | Domingo Arenas | 70,400 – 83,200 | 133 | San Martín Totoltepec | 57,600 – 64,000 | 205 | Yehualtepec | 32,000 – 44,800 |
| 61 | Eloxochitlán | 153,600 – 198,400 | 134 | San Matías Tlalancaleca | 57,600 – 64,000 | 206 | Zacapala | 38,400 – 57,600 |
| 62 | Epatlán | 51,200 – 64,000 | 135 | San Miguel Ixitlán | 44,800 – 51,200 | 207 | Zacapoaxtla | 44,800 – 134,400 |
| 63 | Esperanza | 19,200 – 44,800 | 136 | San Miguel Xoxtla | 51,200 – 64,000 | 208 | Zacatlán | 44,800 – 134,400 |
| 64 | Francisco Z. Mena | 89,600 – 102,400 | 137 | San Nicolás Buenos Aires | 19,200 – 44,800 | 209 | Zapotitlán | 25,600 – 44,800 |
| 65 | General Felipe Ángeles | 38,400 – 57,600 | 138 | San Nicolás de los Ranchos | 57,600 – 83,200 | 210 | Zapotitlán de Méndez | 128,000 – 160,000 |
| 66 | Guadalupe | 38,400 – 51,200 | 139 | San Pablo Anicano | 44,800 – 57,600 | 211 | Zaragoza | 44,800 – 70,400 |
| 67 | Guadalupe Victoria | 19,200 – 57,600 | 140 | San Pedro Cholula | 51,200 – 64,000 | 212 | Zautla | 38,400 – 70,400 |
| 68 | Hermenegildo Galeana | 153,600 – 198,400 | 141 | San Pedro Yeloixtlahuaca | 44,800 – 57,600 | 213 | Zihuateutla | 153,600 – 166,400 |
| 69 | Huaquechula | 51,200 – 70,400 | 142 | San Salvador el Seco | 19,200 – 57,600 | 214 | Zinacatepec | 19,200 – 32,000 |
| 70 | Huatlatlauca | 38,400 – 57,600 | 143 | San Salvador el Verde | 57,600 – 70,400 | 215 | Zongozotla | 121,600 – 134,400 |
| 71 | Huachinango | 89,600 – 134,400 | 144 | San Salvador Huixcolotla | 70,400 – 83,200 | 216 | Zoquiapan | 153,600 – 166,400 |
| 72 | Huehuetla | 185,600 – 230,400 | 145 | San Sebastián Tlacotepec | 185,600 – 262,400 | 217 | Zoquitlán | 32,000 – 198,400 |

Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2010), (INEGI, 2020) y (CONAGUA, 2015).
Se considera un hogar con una superficie de 80 m² y una captación del 80% del agua de lluvia.