



AUTONOMA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA
CAMPUS I

COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

***"APLICACIÓN DEL SOFTWARE MHS1 Y CTRL+SUN PARA
DISMINUIR LAS EMISIONES DE CO₂"***

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN INGENIERÍA
CON FORMACIÓN EN
HIDRÁULICA**

PRESENTA

ANA CAROLINA MEJIA OZUNA

DIRECTOR DE TESIS

MIGUEL ÁNGEL AGUILAR SUÁREZ



TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, 27 DE ENERO DEL 2020.



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
17 de enero de 2020.
Oficio No. F.I.01.038/2020.

Ing. Ana Carolina Mejía Ozuna
Alumna de la Maestría en Ingeniería con
Formación en Construcción
Universidad Autónoma de Chiapas
Presente:

Por este medio comunico a usted, que se autoriza la impresión de su trabajo de tesis denominado: **“Aplicación de software MHS1 y CTRL+SUN para disminuir las emisiones de CO₂”** para que pueda continuar con los trámites de titulación para la obtención del grado.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
“POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR”

Dr. Arcadio Zebadúa Sánchez
Encargado de dirección



DIRECCIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

C.c.p. Dra. Daisy Escobar Castillejos. Coordinadora de Investigación y Posgrado. Facultad de Ingeniería.
C.c.p. M.I. Fredy Humberto Caballero Rodríguez. Coordinador de la Maestría en Ingeniería. Facultad de Ingeniería.
C.c.p. Archivo/minutario
AZS/DEC/2020



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas,
14 de enero de 2020.
OFICIO No. F.I. 05.021/2020.

Dr. Arcadio Zebadúa Sánchez
Encargado de la Dirección de la Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma de Chiapas
Presente:

Por este medio me permito informar a usted, que he concluido con la dirección de la tesis titulada:
"APLICACIÓN DEL SOFTWARE MHS1 Y CTRL+SUN PARA DISMINUIR LA EMISIONES DE CO₂",
que, para obtener el grado de Maestro en Ingeniería con Formación en Hidráulica, desarrollada
por la Ing. Ana carolina Mejía Ozuna con Matrícula PS1263, por lo que doy mi voto aprobatorio
para que pueda seguir con los trámites correspondientes.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

Atentamente



Dr. Miguel Ángel Aguilar Suárez
Director de la Tesis

C.c.p. Dra. Daisy Escobar Castillejos. Coordinadora de Investigación y Posgrado. Facultad de Ingeniería.
C.c.p M.I. Fredy Humberto Caballero Rodríguez. Coordinador de la Maestría en Ingeniería. Facultad de Ingeniería.
C.c.p. Archivo
amj*



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas,
14 de enero de 2020.
OFICIO No. F.I. 05.022/2020.

Dr. Arcadio Zebadúa Sánchez
Encargado de la Dirección de la Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma de Chiapas
Presente:

En nuestra calidad de sinodales del Examen de Grado de Maestría en Ingeniería con Formación en Hidráulica de la Ing. **Ana carolina Mejía Ozuna con Matrícula PS1263**, nos permitimos manifestarle la aceptación del trabajo de tesis titulada: **"APLICACIÓN DEL SOFTWARE MHS1 Y CTRL+SUN PARA DISMINUIR LA EMISIONES DE CO₂"**

Quedamos enterados de que formaremos parte del jurado del examen de grado, en la fecha y hora que se nos comunicará posteriormente.

ATENTAMENTE



Dr. Miguel Ángel Aguilar Suárez
Director de tesis



Dra. Delva del Rocío Guichard Romero
Asesor de tesis



M.I. Juan José Muciño Porras
Asesor de tesis

C.c.p. Dra. Daisy Escobar Castillejos. Coordinadora de Investigación y Posgrado. Facultad de Ingeniería.
C.c.p. M.I. Fredy Humberto Caballero Rodríguez. Coordinador de la Maestría en Ingeniería. Facultad de Ingeniería.
C.c.p. Archivo
amj*

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradezco a mis formadores, el Dr. Miguel Ángel Aguilar Suárez, la Dra. Delva del Rocio Guichard Romero, el M.I. Juan José Muciño Porras, el Dr. José Alonso Figueroa Gallegos; personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar en el punto en el que me encuentro, gracias por transmitirme sus conocimiento y dedicación.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad y por su apoyo incondicional.

A mis compañeros y amigos de la maestría.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	1
TABLA DE FIGURAS.....	4
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	5
ANTECEDENTES.....	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
JUSTIFICACIÓN	12
OBJETIVOS	13
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
CAPÍTULO 2. EL AGUA	15
CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA	17
CAPÍTULO 3. MODELO DE HIDROLOGÍA SOSTENIBLE (MHS1)	21
COMPONENTES DE LA PRIMERA PESTAÑA DEL SOFTWARE	22
1. DOMÉSTICO.....	23
2. LAMINAS DE AGUA (ALBERCAS, FUENTES O ESTANQUES)...	25
3. MICROCOMPONENTES	26
4. OTROS CONSUMOS.....	26
5. JARDÍN Y CLIMA	27
6. TARIFAS	30
7. DIRECTORIO DEL PROYECTO.....	31
8. MEDIDAS	32
COMPONENTES DE LA SEGUNDA PESTAÑA DEL SOFTWARE.....	32
REUTILIZACIÓN	33

ENERGÍA Y CO ₂	34
CAPÍTULO 4. ENERGÍA ELÉCTRICA	36
IMPORTANCIA DEL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	36
CAPÍTULO 5. SISTEMA FOTOVOLTAICO	38
FUNCIONAMIENTO DEL PANEL FOTOVOLTAICO	38
PARTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO	39
INTERCONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA	41
CAPÍTULO 6. CTRL+SUN	44
CAPÍTULO 7. MODELO PARTICULAR	45
HIPÓTESIS	45
CAPÍTULO 8. CASO DE APLICACIÓN DE LOS PAQUETES MHS1 Y CTRL+SUN AL FRACCIONAMIENTO RESIDENCIAL ÁMBAR EN LA CIUDAD DE TUXTLA GUTIÉRREZ.	47
APLICACIÓN DE MHS1	47
APLICACIÓN DE CTRL+SUN	51
CAPÍTULO 9. RESULTADOS	55
CAPÍTULO 10. CONCLUSIONES	57
BIBLIOGRAFIA	59

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Componentes de la primera pestaña del software MHS1.....	23
Figura 2 Mapa de la ubicación del fraccionamiento residencial Ámbar.	24
Figura 3 Componentes de la segunda pestaña del software.	33
Figura 4 Partes de un sistema de generación fotovoltaico.	40
Figura 5 Resultados con 20,000 lts.....	47
Figura 6 Dimensionamiento del depósito de pluviales.	48
Figura 7 Dimensionamiento del depósito de pluviales con 5,000 lts.....	49
Figura 8 Resultados con 5,000 lts.....	50
Figura 9 Nivel del depósito de pluviales.....	50
Figura 10 Grafica de pago histórico y con paneles.	52
Figura 11 Comparativo del consumo anual.	53
Figura 12 Beneficio ambiental anual.....	53
Figura 13 Gasto total a 25 años.....	54
Figura 14 Retorno de inversión.....	54
Figura 15 Resultados óptimos.	55
Tabla 1 Tipos de consumos domésticos (CONAGUA, 2007).	24
Tabla 2 Consumo doméstico per cápita (CONAGUA, 2007).	24
Tabla 3 Profundidad del suelo.	27
Tabla 4 Tipo de suelo.	28
Tabla 5 Superficie de jardín.	28
Tabla 6 Elementos de la superficie de jardín.	29
Tabla 7 Tarifas en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.	31

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El deterioro continuo de las fuentes de agua subterráneas y del terreno hacen que el problema de abastecimiento del recurso hídrico empeore. La falta de agua y saneamiento conlleva problemas como alteraciones en el desarrollo físico de la persona debido a las infecciones transmitidas por el agua no potable, menor expectativa de vida, incremento de la proporción del presupuesto estimado para obtener el líquido, lo que aumenta los costos de subsistencia y puede obligar a disminuir la prioridad del aseo personal, debido a la carencia de este servicio.

Debido a que no se tiene conciencia de lo importante que es el ahorro de agua, no es habitual que para el diseño de edificaciones se coloquen sistemas de captación de agua de lluvia o cuenten con sistemas ahorradores de agua.

El agua que se tiene dentro de los hogares, es responsabilidad de los usuarios, por lo que el buen o mal uso que se hace depende de la conciencia sobre el ahorro de agua que cada persona tenga.

Por otro lado, las actividades necesarias para generar, transportar y distribuir la electricidad dan lugar a determinados efectos sobre el medio ambiente que se controlan y se tratan de minimizar, mediante medidas preventivas y correctivas. La generación de energía eléctrica conlleva en algunos tipos el consumo de recursos naturales (principalmente combustibles), emisiones a la atmósfera que generan de forma directa e indirecta una serie de impactos tanto a nivel local como global, consumo de agua (un bien cada vez más escaso), generación de residuos convencionales y nucleares y finalmente la ocupación del territorio por la implantación de infraestructuras tiene efectos sobre ciertos espacios naturales y sobre la flora y la fauna del entorno. De los seis gases de efecto invernadero regulados en el Protocolo de Kioto, cinco son emitidos debido al desarrollo de

diversas actividades a lo largo del proceso de producción de energía eléctrica. En la generación de energía eléctrica en centrales térmicas, la quema de combustibles fósiles da lugar a emisiones de dióxido de carbono (CO_2) y óxido nitroso (N_2O) (Iberdrola, s.f).

Los avances tecnológicos permiten encontrar formas alternativas de generación, reduciendo los consumos de combustible gracias al aprovechamiento de la energía calorífica y del calor residual combinado con el uso de fuentes de energía renovables.

No se debe caer en el error de dejar toda la responsabilidad en las empresas gestoras o en los gobernantes. Toda la población tiene una gran responsabilidad en esta cadena que se debe asumir en todos los hogares, actuando y compartiendo la información para generar una conciencia social que proteja y use racionalmente tanto el agua como la energía eléctrica.

En la elaboración de este trabajo se utilizará el software MHS1 para analizar el consumo de agua y el programa CTRL+SUN para el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico en el fraccionamiento residencial Ámbar y así proponer medidas para el ahorro de agua y consumo de energía eléctrica.

Para cumplir con este objetivo, el trabajo se ha dividido en diez capítulos. En el primer capítulo se dará la introducción acerca del tema relacionado con el ahorro de agua y energía eléctrica, además de conocer los antecedentes, cual es la problemática y la justificación del porque se realizó este trabajo, también se conocerán los objetivos generales y específicos.

En el capítulo dos se hablará del agua y de la captación de agua de lluvia.

En el capítulo tres se conocerá los componentes del software MHS1 y como se utilizan.

En el capítulo cuatro se conocerá la importancia de la energía eléctrica.

En el capítulo cinco se sabrá el funcionamiento de un sistema fotovoltaico, así como las partes que lo integran y la interconexión a la red eléctrica.

En el capítulo seis se señala para que nos sirve el software CTRL+SUN.

En el capítulo siete se encontrará el modelo particular propuesto para este proyecto.

En el capítulo ocho se verá la aplicación del software MHS1 Y CTRL+SUN.

En el capítulo nueve se darán a conocer los resultados obtenidos.

En el capítulo diez se encontrarán las conclusiones del trabajo realizado.

ANTECEDENTES

El agua es un recurso natural que se presenta como necesario en todos los aspectos del desarrollo en las comunidades humanas, ya que se utiliza desde la agricultura hasta la industria. Desde el inicio de la historia humana, la necesidad y demanda del agua ha sido una de las fuerzas impulsoras en los planos de la prosperidad, salud y organización social.

Las primeras civilizaciones sedentarias se establecieron en los márgenes de los cuerpos de agua dulce (ríos, arroyos, lagos, lagunas y manantiales) para la realización de las actividades domésticas y de trabajo.

Las civilizaciones antiguas se dedicaron a crear centros de almacenamiento de agua que contribuyeron a satisfacer sus necesidades, al crear tanques para garantizar el consumo de la población; así como, acueductos, presas y canales para el riego de sus sembradíos, estos acopios de agua marcaron la pauta en la urbanización de las ciudades; ya que dependió de ellos el desarrollo comercial, cultural y social. Al pasar el tiempo, las formas de obtener el agua se modificaron, se observa claramente que en la antigüedad los habitantes se asentaban cerca de los cuerpos de agua para poder abastecerse y ahora los habitantes de una ciudad canalizan el agua hasta los asentamientos, no importando la lejanía de donde se encuentre el recurso (Márquez, 2016).

El gran volumen de agua dulce que circula a través de los continentes anualmente, es suficiente para satisfacer las necesidades de la humanidad por siglos, sin embargo, mucha gente en diversas partes del mundo no tiene acceso a este vital líquido. Existen varias razones para que esto ocurra. En primer lugar, a pesar de que el agua es abundante, el agua dulce utilizable solo existe en grandes volúmenes en pequeñas áreas del planeta (los cursos bajos de los ríos, los grandes lagos y los acuíferos de elevado caudal). En segundo lugar, las aguas disponibles no siempre son adecuadas para el consumo humano, a veces por causas naturales, pero más frecuentemente como resultado de la degradación antrópica. En tercer lugar, no todos los recursos hídricos se renuevan a una tasa suficientemente apropiada como para su utilización a largo plazo. Finalmente, la demanda de agua está concentrada en unas pocas áreas densamente pobladas que no coinciden necesariamente con los lugares de mayor disponibilidad.

En resumen, las aguas de buena calidad y en suficiente cantidad, para ser utilizadas en la satisfacción de las necesidades de la población y producción, no se encuentran fácilmente. Por esta razón, cada vez más la disponibilidad hídrica se está transformando en un factor limitante para el crecimiento demográfico y económico (García, 2003).

Por otro lado, alrededor de 80% de toda la electricidad producida en el mundo se lleva a cabo en plantas termoeléctricas, empleando turbinas de vapor que requieren ser enfriadas para condensarlo. En el proceso de enfriamiento se consume de 80% a 90% del total de agua empleada en la planta; un megawatt-hora (MWh) de electricidad obtenida a partir de carbón consume entre 1220 y 2270 litros de agua. En una planta nuclear el consumo está entre 2870 y 3270 litros. Se ha estimado que la pérdida acumulada de 1970 a la fecha equivale al total de consumo actual de agua para fines domésticos e industriales, es decir, alrededor de 1100 km². En el caso de aguas grises totales generadas se estima que se arrojan diariamente al medio ambiente unos dos millones de toneladas de desechos en corrientes receptoras, incluyendo residuos industriales y químicos. La producción global de aguas residuales es de aproximadamente 1500 km³ (Guerrero, 2013).

En cuanto a producción de energía, los estudios básicos sobre la electricidad y la aparición de los primeros motores eléctricos en el siglo XIX, habrían de cambiar radicalmente la forma de hacer las cosas. Las bandas y las poleas, utilizadas originalmente para transmitir la fuerza mecánica del agua o de los motores de vapor a las máquinas de producción, fueron sustituidas por cables conductores de electricidad como el medio más conveniente para llevar energía desde el punto de transformación inicial al punto de uso final.

Se tiene noticia de que, en las primeras aplicaciones de la electricidad las distancias entre tales puntos eran cortas, pues el generador eléctrico era colocado

muy cerca del dispositivo que utilizaba la electricidad. Así, en las primeras instalaciones de alumbrado público en Europa, cada luminaria contaba con su propio generador eléctrico. El esquema de generación punto por punto se repetía en los hogares y en las fábricas, pero conforme el número de aplicaciones fue creciendo, se vio la necesidad de buscar nuevos esquemas tecnológicos.

Los desarrollos en la tecnología de generación y de transmisión eléctrica, combinados con la necesidad de las empresas eléctricas de rendir mejores dividendos a los inversionistas, constituyeron el principal motor para la conformación del sistema eléctrico centralizado que conocemos hoy en día. En este esquema, grandes centrales de generación producen cantidades impresionantes de electricidad, la cual es transportada hasta los puntos más remotos por medio de extensas redes de transmisión y distribución, de manera análoga a como las arterias y las venas distribuyen la sangre en el cuerpo humano.

El sistema eléctrico actual ha demostrado sus bondades a lo largo de más de cien años de existencia: ha facilitado el desarrollo económico y social de muchas naciones, y ha sido palanca para la innovación en diversos ámbitos del quehacer humano.

La mayoría de los servicios que se disfrutan hoy en día no habrían sido posibles sin la electricidad suministrada por las compañías eléctricas. Pero el esquema actual de generación también empieza a dar muestras de sus limitaciones, conforme la sociedad humana se hace más consciente del entorno en que vive.

Al proceso de generación eléctrica mediante la quema masiva de combustibles fósiles se atribuye, en gran medida, el fenómeno del cambio climático, uno de los problemas ambientales más serios que enfrenta la humanidad en los albores del siglo XXI. Al esquema eléctrico centralizado se culpa también de ser uno de los

principales factores del endeudamiento masivo que padecen muchos países en desarrollo, los cuales, en el afán de construir su sistema eléctrico a semejanza de los países industrializados, han recurrido a fuertes endeudamientos con la banca internacional para obtener el capital del que carecen en sus economías.

Por éstas y un conjunto de razones adicionales, el sistema eléctrico tradicional se encuentra actualmente sometido a un profundo proceso de reforma en muchos países, lo que marca pautas para su evolución hacia esquemas alternativos de generación y suministro de electricidad. El sistema eléctrico convencional enfrenta cada vez mayores dificultades para llevar el servicio a casi un tercio de la humanidad que aún no tiene acceso a la electricidad ni a los beneficios que de ella se derivan (Lagina, 2012).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una de las grandes dificultades a la que se enfrenta el hombre en la actualidad es la escasez de agua y combustibles fósiles, además de la contaminación, esto debido en cierta parte que al realizar actividades domésticas no se toma en cuenta que un porcentaje del agua que se ocupa se está desperdiciando y que al producir energía eléctrica además de reducir la existencia de combustibles fósiles, en su producción se liberan gases que contaminan nuestro medio ambiente, y en los hogares se hace uso desmedido de esta energía, sin concientizar sobre la contaminación que se produce al generarla.

En muchas ocasiones el desperdicio del agua se produce dentro de las instalaciones del hogar, oficinas, o centros de trabajo, por falta de mantenimiento del sistema, uso inadecuado, envejecimiento de equipos, materiales no aptos para agua potable, etc.

Pese al elevado índice de consumo eléctrico, poco se habla sobre alternativas que contribuyan a reducir la demanda. Es necesario llevar a cabo campañas para hacer conciencia en la población sobre el desperdicio irresponsable de energía en los hogares, producto de prácticas como tiempos excesivos en la ducha, iluminación poco eficiente, equipos conectados en modo *stand by* y mal uso de cocinas eléctricas, entre otras acciones. Cerca del 40% de la electricidad generada se consume en uso residencial, mientras el resto se distribuye entre la industria, los servicios y otros sectores.

Estos recursos son un bien tan necesario que podría pasar a ser objeto de peleas políticas, si se le observa sólo como un negocio.

Por tal motivo se plantea en la propuesta de este proyecto de tesis de maestría la utilización del agua de lluvia en un tanque o tanques de almacenamiento que recolectará el agua del techado de las casas, así como la implementación de un sistema fotovoltaico en las casas del fraccionamiento residencial Ámbar. Haciendo una verificación del costo y ahorro que se obtendría de agua y energía eléctrica al no depender del sistema de agua potable exterior y la producción que se generaría con el sistema fotovoltaico. Conjuntamente proponer el cambio de todos los equipos viejos de los baños por equipos ahorradores y de igual manera sugerir el cambio por luminarias ahorradoras.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, la mayoría de las viviendas están diseñadas de manera que se destina el uso de agua potable para todas las actividades, sin valorar este recurso como no renovable y que está en peligro de agotarse. Así mismo se hace uso inadecuado de la energía eléctrica.

Por eso es necesario plantear la implementación de un sistema que evite el consumo desmesurado de agua potable en actividades domésticas que no requieran tal cantidad de ella.

A raíz del cambio climático, la energía solar con sistemas de interconexión a la red han sido una opción viable y eficiente para generar energía libre de efectos adversos para el medio ambiente, mitigando así la progresiva contaminación que perjudica en la actualidad al planeta en general. Si se empieza a tomar en cuenta y de forma seria el aprovechamiento de los recursos naturales, se podría llegar a prolongar la existencia de nuestro planeta como hoy lo conocemos.

Para resolver el problema que aqueja a la sociedad referente a la escasez de agua y producción de energía eléctrica, en este proyecto se plantearán opciones de ahorro de agua, en las cuales se incluirán métodos de captación de agua de y la instalación de un sistema fotovoltaico para producción de energía eléctrica.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Cuando se habla del agua en el hogar, existen muchos puntos para debatir, pero hay dos temas clave que despiertan el mayor interés: el ahorro de agua y la calidad de la misma.

El objetivo general de este trabajo es determinar el ahorro de agua y energía que se puede generar en una casa habitación, utilizando sistemas de captación de agua de lluvia, que a su vez tendrán implicaciones económicas y reducción de emisión de gases de efecto invernadero, además de una instalación fotovoltaica para producir energía limpia desde nuestros hogares y reducir nuestro gasto económico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

En este proyecto se utilizará el software MHS1 para realizar simulaciones en las cuales se tomarán en cuenta sistemas de captación de agua de lluvia que se reutilizarán para consumo doméstico, y a partir de los datos preliminares obtener cierto ahorro de agua y energía, en un periodo de tiempo (años).

Esta simulación compara el sistema tradicional de agua potable dentro del hogar con uno más apegado a la idea de ahorrar agua.

Además, se utilizará el programa CTRL+SUN para elaborar un sistema con paneles fotovoltaicos de acuerdo a un consumo estándar en las casas, que producirá cierta cantidad de energía eléctrica, obteniendo un ahorro de energía, económico y mitigando una cantidad de CO₂.

CAPÍTULO 2. EL AGUA

Un recurso que se desperdicia actualmente en la vivienda en general es el agua. Su uso despreocupado genera problemas ambientales, problemas de abastecimiento y consumo.

Hasta la actualidad se ha destinado el uso de agua potable para todas las actividades domésticas. El agua procede del entorno natural, por lo que da lugar a una disminución en las reservas naturales, se requiere plantas de tratamiento, con el consiguiente consumo de recursos y energía tanto para su construcción como para su mantenimiento (Baquero, 2013).

El agua es un recurso natural limitado, de utilización amplia y esencial para la vida, cuya pérdida de calidad puede ocurrir fácil y rápidamente, razón por la cual debe ser preservada en cualquier circunstancia de suministro que se presente.

En nuestro planeta se han implementado varios tipos de sistemas de recolección de agua lluvia para abastecer casas para consumo humano, en la mayoría a residencias ubicadas en sectores con poca precipitación pluvial o en regiones con desabastecimiento de agua potable. Por lo regular se implementan sistemas de captación de agua en los techos, por medio de canaletas que conducen el agua lluvia hacia un tanque de almacenamiento para su posterior uso. Con este sistema en un hogar común en promedio se puede ahorrar hasta un 50% de agua potable de consumo (Aguedo, 2016).

Hay experiencia en Chiapas, en 1999 en Yalentay ubicado en el municipio de Zinacantán (Martín D. Mundo Molina, Romeo Ballinas Avendaño, Polioptro Martínez Austria, Miguel Raúl Ponce Martínez, Edgar Rafael Ferrer Penagos., 1999), se inauguró un colector de agua de lluvia (CALL) comunitario en dicha población, para

abastecer a 500 habitantes. Este proyecto fue diseñado y ejecutado por investigadores del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y la Universidad Autónoma de Chiapas (UN.ACH), en el marco de un convenio de colaboración financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI).

Si el agua del planeta cumple un ciclo, no utilizarla de manera racional significa tener problemas en otras fases del ciclo, en la actualidad. Por lo tanto, el concepto de “uso racional, optimizado y responsable” del agua debe prevalecer siempre, aunque los aportes de la naturaleza sean abundantes durante todo el año.

Las personas o comunidades que sufren déficit recurrente de agua no siempre utilizan bien el recurso. Aunque existen buenas experiencias en la región, se observan muchos problemas de mal uso y manejo del agua, lo que agrava su escasez, la pobreza, las enfermedades y la dependencia.

Según (Opciones técnicas para la agricultura familiar en America Latina y Caribe, 2013) el uso racional y responsable del agua debe incluir las siguientes estrategias o acciones:

- » Utilización del volumen mínimo necesario para satisfacer las diferentes necesidades, sin desperdicio.

- » Desarrollo de sistemas productivos con especies de plantas y animales que necesitan menos agua o que presentan mayor eficiencia en su utilización (más productos, servicios o beneficios con mayor valor agregado por volumen de agua consumido).

- » Observar una escala de prioridad de uso (consumo humano, consumo animal de producción, riego de plantas de autoconsumo, riego de plantas de producción comercial y otros usos) y priorizar actividades de beneficio colectivo, más que de beneficio individual.

- » Uso múltiple del agua: utilizar el mismo volumen de agua para obtener beneficios en dos o más actividades.
- » Evitar la contaminación en su utilización y entregar el agua residual con igual o mejor calidad que el agua recibida.
- » Prevención y control de excedentes hídricos que causan daños a los sistemas productivos y a la vida, como la erosión hídrica y las inundaciones.
- » Captación y aprovechamiento del agua disponible en los volúmenes que satisfagan las necesidades, posibilitando que los excedentes estén disponibles para otros usuarios.
- » Compartir el agua disponible

El uso responsable de agua puede reducir la demanda “normal” en un 68%, mientras que un uso negligente puede elevar un 87%. Es decir, nuestro consumo “normal” de agua se elevara y reducirá una tercera parte (Santiago Manrique, 2015).

CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

La captación de agua de lluvia es un medio fácil de obtener para consumo humano en aquellas zonas de alta o media precipitación pluvial. El agua de lluvia es interceptada, recolectada y almacenada para su uso posterior. La captación de aguas pluviales y su almacenamiento en cisternas o depósitos en zonas urbanas todavía es un concepto novedoso para mucha gente. Sin embargo, esta práctica será clave en el futuro para asegurar el abasto de la población urbana y rural con agua de buena calidad en nuestro país.

Es importante conocer la pluviometría histórica de la zona y la superficie de captación, para prever la cantidad de agua que se espera recolectar. Los techos o azoteas son los lugares más idóneos para captar este preciado líquido.

La captación de agua de lluvia de los techos, balcones, plazas, calles y superficies impermeables, después de las primeras lluvias es un agua de buena calidad, es la más limpia, destilada por el sol y las nubes, se puede considerar como agua muy limpia.

El agua potable es de tal calidad que para muchos usos domésticos se podría sustituir por el agua pluvial. En el caso del agua para lavar ropa, utensilios de cocina, pisos, baños, patios y jardines. Además, el agua pluvial tiene muchas ventajas en el lavado de ropa se puede tener un ahorro del 50 % de detergente ya que esta es más blanda que la de la llave.

Si se aprovecha el agua de lluvia se podría llegar a sustituir en un hogar de 3 a 5 personas, 60,000 litros anuales de agua potable, por agua de lluvia. Esto supone una importante contribución para el ahorro de agua (Álvarez, 2009).

Existen muchos casos documentados, por ejemplo, en la década pasada en Brasil, muchas ONG y organizaciones ambientales se enfocaron en trabajar en el suministro de agua para consumo humano usando sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Según (José Alejandro Ballén Suárez, Miguel Ángel Galarza García, Rafael Orlando Ortiz Mosquera., 2006) las comunidades nativas tradicionalmente han recogido agua lluvia en pozos excavados a mano en rocas, pero este sistema no logra satisfacer las necesidades de la población, por ello una ONG y el gobierno de Brasil iniciaron un proyecto para construir un millón de tanques para la recolección de agua lluvia en un periodo de 5 años, para beneficiar a 5 millones de personas. La mayoría de estos tanques fueron hechos con estructuras de concreto prefabricado o concreto reforzado con mallas de alambre.

Se estima que más de medio millón de personas en los Estados Unidos utilizan sistemas de aprovechamiento de agua lluvia abasteciéndose de agua para usos

doméstico o propósitos agrícolas, comerciales o industriales. Existen más de 50 compañías especializadas en el diseño y construcción de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias. Texas es el estado donde más se utilizan los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Una casa típica en Texas tiene un área de 200 m² de cubierta y puede producir más de 150.000 litros de agua al año con una precipitación anual media de 850 mm.

En China, en 1995 el gobierno local implementó el proyecto 121 (Durán., 2016), apoyando económicamente a cada familia construyendo un campo de recolección de agua, sitios de almacenamiento y terrenos para cultivar. Se construyeron sistemas que se componían de canaletas que recolectan el agua de los techos, tanques de almacenamiento de cemento y planchas de plástico para recolectar la lluvia en el suelo. El agua recolectada se disponía para el riego de cultivos. Desde el año 2000, se construyeron un total de 2.183.000 tanques para recolectar el agua de lluvia con una capacidad total de 73,1 millones de metros cúbicos garantizando el suministro de agua potable para 1,97 millones personas y riego suplementario de 236.400 hectáreas de tierra.

Los pasos a seguir para el diseño del sistema de captación de agua de lluvia según la (Organización panamericana de la salud, 2004) son: Determinación de la precipitación promedio mensual; a partir de los datos promedio mensuales de precipitación de los últimos 10 ó 15 años se obtiene el valor promedio mensual del total de años evaluados. Este valor puede ser expresado en mm/mes, litros/m²/mes, capaz de ser recolectado en la superficie horizontal del techo:

- Determinación de la demanda; a partir de la dotación asumida por persona se calcula la cantidad de agua necesaria para atender las necesidades de la familia o familias a ser beneficiadas en cada uno de los meses.

- Determinación del volumen del tanque de abastecimiento; teniendo en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados, el material del techo y el coeficiente de esorrentía, se procede a determinar la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo y por mes.
- La concientización y las costumbres son muy importantes, pero hay una parte del problema que no se tiene habitualmente en cuenta y es el diseño de casas y edificios.

CAPÍTULO 3. MODELO DE HIDROLOGÍA SOSTENIBLE (MHS1)

Para ayudar en el diseño de ahorro de agua mediante tanques de almacenamiento de agua de lluvia nace MHS1 (Modelo de Hidrología Sostenible). Con este software se podrá modelar el consumo de agua de una edificación y cuantificar el efecto que tendrá sobre el consumo las medidas de ahorro que se diseñarán.

No solamente se obtendrán los ahorros en volumen, sino que se podrá saber el dinero que este ahorro supondrá, así como la disminución de emisiones de CO² que se tendrá.

El programa está diseñado con un doble propósito, el de servir de herramienta técnica para la toma de decisiones y servir de herramienta de formación y concienciación en el uso sostenible del agua.

El software modeliza matemáticamente el balance de agua diario en la edificación, tanto los usos domésticos, zonas verdes y láminas de agua (piscinas, estanques, fuentes, etc) (MHS1 Modelo de hidrología sostenible.).

Usando datos meteorológicos reales se puede simular cómo se comporta la edificación y sus posibles medidas de ahorro, a largo plazo.

Para calcular el consumo de agua se necesitan algunos datos de entrada:

- Tipos de vivienda en la edificación en función de su capacidad.
- Características de las zonas verdes (tipo de plantas, superficies, distribución, tipo de suelo).
- Características de las láminas de agua.
- Datos meteorológicos (lluvia, evaporación y evapotranspiración).

- Tarifas de agua.

Una vez especificadas las características del proyecto se podrá aplicar un amplio rango de medidas de ahorro, analizar su efectividad sobre el consumo y así elegir las más apropiadas.

El software ofrece una gran variedad de resultados como son:

- Consumos globales antes y después de medidas, tanto en volumen como en dinero.
- Gasto energético asociado a las medidas de ahorro (bombeos).
- Balance de CO².
- Gráficas:
 - Consumo mensual.
 - Evolución del nivel del depósito de pluviales.
 - Impacto de cada una de las medidas sobre el ahorro total.
 - Eficiencia del sistema de recogida de aguas pluviales.

Uno de los aspectos en los que más errores se cometen es el dimensionado del depósito de aguas pluviales y la elección de la superficie óptima de captación. Para ello MHS1 incorpora un módulo de dimensionamiento de aguas pluviales que permitirá elegir la combinación de tamaño de depósito–superficie de recogida óptima.

COMPONENTES DE LA PRIMERA PESTAÑA DEL SOFTWARE

La primera pestaña del software cuenta con 8 apartados donde se introducen los datos de entrada para el proyecto, como son; consumo doméstico, características de la edificación, láminas de agua, características de las zonas verdes, datos

meteorológicos y tarifas de agua (Fig. 1). También se introducirán las diferentes medidas de ahorro que se considere oportuno evaluar.

The screenshot shows the 'Datos 1' tab of the MHS1 software. It contains several sections for data entry:

- 1. Directorio del proyecto:** Includes 'Doméstico' with 'Consumo base diario (l/hab día)' set to 142, 'Tipos de vivienda' set to 2, and a table for 'Nº Viviendas' and 'Nº Ocupantes'.
- 2. Láminas de agua:** Includes 'Número de láminas de agua' set to 2, and a table for 'Superficie' and 'Superficie de recogida'.
- 3. Microcomponentes:** A list of water fixtures with their respective percentages and consumption in liters: Fregadero (19%, 26.98 litros), Lavavajillas (0%, 0.0 litros), Ducha (26%, 36.92 litros), WC (25%, 35.5 litros), Lavadero (2%, 2.84 litros), Lavadora (9%, 12.78 litros), Grifos (16%, 22.72 litros), Fugas (3%, 4.26 litros), and a TOTAL of 100% (142.0 litros).
- 4. Otros consumos (exterior):** Includes 'Consumo en litros' set to 200 and 'Frecuencia en días' set to 7.
- 5. Jardín y clima:** Includes 'Datos del suelo', 'Datos de la vegetación', and 'Datos meteorológicos'.
- 6. Tarifas:** Includes 'Contadores separados' (selected), 'Tarifas de consumo doméstico', and 'Tarifas de exteriores'.
- 8. Medidas:** A list of checkboxes for water-saving measures: Fontanería en buen estado, Reductores en grifos, Lavavajillas, WC eficiente, Recirculación ACS, and Riego optimizado.

Figura 1 Componentes de la primera pestaña del software MHS1.

1. DOMÉSTICO

Se refiere al agua usada en las viviendas. Este consumo depende principalmente del clima y la clase socioeconómica de los usuarios (CONAGUA, 2007). Para este proyecto se tomaron datos de la Comisión Nacional del Agua, donde se indica que el consumo se da dependiendo del nivel socioeconómico, como se muestra en la tabla no. 1.

Tabla 1 Tipos de consumos domésticos (CONAGUA, 2007).

CLASE SOCIOECONÓMICA	DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE VIVIENDA
Residencial	Casas solas o departamentos de lujo, que cuentan con dos o más baños, jardín de 50 m ² o más, cisterna, lavadora.
Media	Casas y departamentos, que cuentan con uno o dos baños, jardín de 15 a 35 m ² y tinaco.
Popular	Vecindades y casas habitadas por una o varias familias, que cuentan con jardín de 2 a 8 m ² , con un baño o compartiéndolo.

CLASE SOCIOECONÓMICA	DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE VIVIENDA
Residencial	Casas solas o departamentos de lujo, que cuentan con dos o más baños, jardín de 50 m ² o más, cisterna, lavadora.
Media	Casas y departamentos, que cuentan con uno o dos baños, jardín de 15 a 35 m ² y tinaco.
Popular	Vecindades y casas habitadas por una o varias familias, que cuentan con jardín de 2 a 8 m ² , con un baño o compartiéndolo.

Las casas del fraccionamiento residencial Ámbar ubicado en la zona poniente norte, colonia San Jorge en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (Fig. 2) son de plusvalía media-alta, ya que cuentan con 3 habitaciones, 3 baños, estudio, sala, comedor, patio delantero y trasero, por lo que de acuerdo a las características de la tabla 1, entrarían en la de tipo residencial.

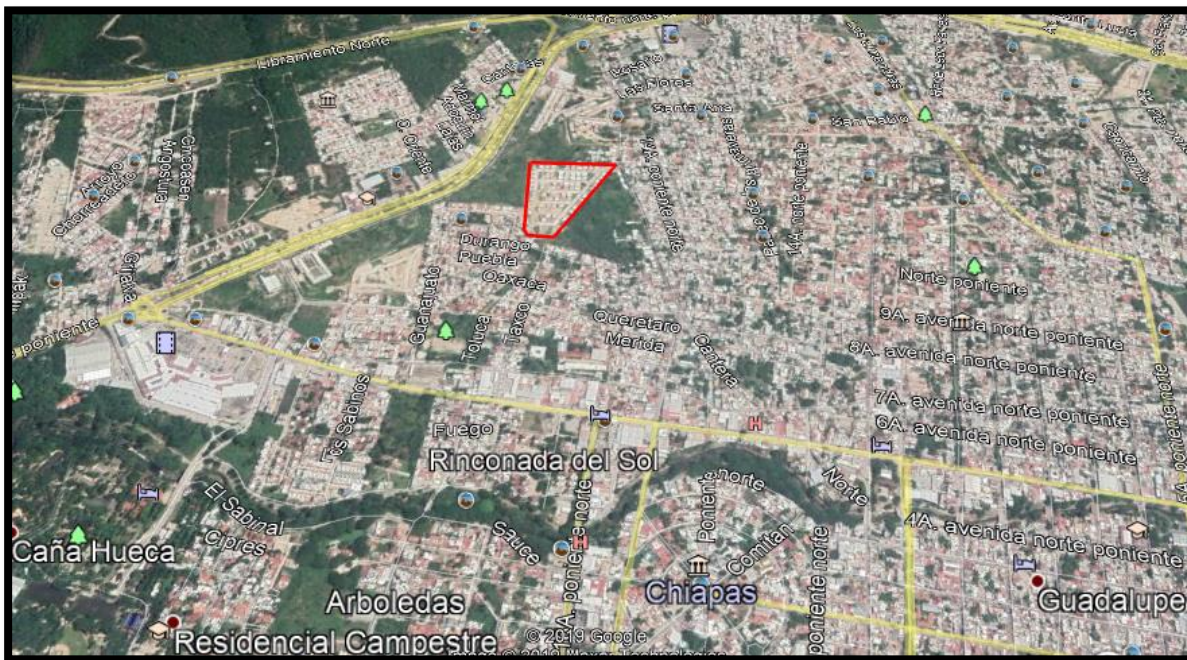


Figura 2 Mapa de la ubicación del fraccionamiento residencial Ámbar.

Además, de que los consumos se dividen por clase socioeconómica, también influye el tipo de clima, por lo que de acuerdo a la tabla no. 2, el consumo per cápita para este proyecto sería de 400 l/hab/día.

Tabla 2 Consumo doméstico per cápita (CONAGUA, 2007).

CLIMA	CONSUMO POR CLASE SOCIOECONÓMICA (l/hab/día)		
	RESIDENCIAL	MEDIA	POPULAR
CALIDO	400	230	185
SEMICÁLIDO	300	205	130
TEMPLADO	250	195	100

Asimismo, de que se proporcionan el tipo o los tipos de vivienda, esto va a depender de si es una vivienda unifamiliar o un edificio de departamentos, si es unifamiliar se ingresa el número 1 en la celda mencionada, pero si es un edificio con departamentos se colocaría el número 2 y la cantidad de departamentos dentro del edificio, junto con el número de habitantes en cada uno de ellos. En nuestro proyecto, sería unifamiliar, con un promedio de 4 habitantes por casa.

2. LAMINAS DE AGUA (ALBERCAS, FUENTES O ESTANQUES)

El consumo de agua de las albercas se produce por la necesidad de rellenarlas debido a la evaporación. Las operaciones de limpieza que puedan causar pérdidas de agua como es el caso del lavado de filtros u otros no se contemplan pues depende del manejo que haga el usuario (MHS1 Modelo de hidrología sostenible.).

Esto es el área de superficie de una alberca, fuente o estanque, y depende de cuantos de estos compones hay, y la superficie de captación corresponde a un área extra donde se capta el agua de lluvia para suministrarlo a cualquiera de estos. La cubierta sería la primera medida de ahorro de agua que contempla el software. Se indica una S (sí) la lámina en cuestión tendría puesta una cubierta que impidiera la

evaporación del agua en temporadas donde no se utilicen, por ejemplo, en invierno que correspondería con la temporada de no baño. En la temporada de baño se considera que la cubierta está quitada. Esta medida está pensada especialmente para piscinas, ya que en láminas de agua con una función estética, como las fuentes, no tiene sentido cubrirlas (MHS1 Modelo de hidrología sostenible.).

3. MICROCOMPONENTES

Los microcomponentes se refieren a la forma en que se divide el consumo de agua dentro del hogar, en la versión del programa MHS1 no permite cambiar estos porcentajes, ya que fueron propuestos con base a estudios que se llevaron a cabo al construir el programa. En este se expresa en porcentajes el volumen consumido de agua por cada actividad sobre el total del consumo, como se observa en el punto 3 de la figura número 1.

4. OTROS CONSUMOS

Dentro de los componentes se encuentran los consumos que no corresponden a los consumos domésticos, como son el agua que se utiliza para lavar un auto o una banqueta, pero que entran en función al consumo lts/habitante/día. Por tanto, como se puede ver en el punto 4 de la figura número 1, en la primera celda se coloca cuánta agua se consume por cada vez que se realiza la actividad y en la segunda celda se coloca el número de veces que se realiza esa actividad mensualmente. Para este caso no se considerará este consumo, dado que no se realiza actividad alguna exterior.




5. JARDÍN Y CLIMA

Para este apartado es necesario cargar archivos externos proporcionando la información necesaria, dependiendo del proyecto que se realice.

DATOS DEL SUELO






Son las características del suelo del jardín que corresponden a la profundidad en la que se encuentren las raíces de las plantas, las cuales son 300, 400, 500 mm, es decir, se toma de acuerdo a los tipos de plantas que se tienen dentro del área del jardín. Para el proyecto en particular no rebasa los 500 mm de acuerdo a las plantas que se tienen en el jardín, es por eso que se considera este tipo de suelo. En este caso se selecciona la carpeta que dice Suelo 500 mm, que proporciona el programa (Tabla No. 3).

Tabla 3 Profundidad del suelo.

	Suelo 300mm	29/01/2016 07:49 ...	Carpeta de archivos
	Suelo 400mm	29/01/2016 07:49 ...	Carpeta de archivos
<input checked="" type="checkbox"/> 	Suelo 500mm	29/01/2016 07:49 ...	Carpeta de archivos

Posteriormente abrirá la carpeta correspondiente a la profundidad que se haya seleccionado de acuerdo a las características, donde encontraremos cinco archivos de textos que vienen clasificados dependiendo del tipo de suelo, donde se tendrá desde tipo arenoso hasta arcilloso. Para el caso en estudio se seleccionó el tipo de suelo franco (Tabla No. 4) ya que es fértil y tiene una textura relativamente suelta.














Tabla 4 Tipo de suelo.

	1-Arenoso-500mm	25/01/2016 05:52 ...	Documento de tex...	1 KB
	2-Arenoso-franco-500mm	25/01/2016 05:52 ...	Documento de tex...	1 KB
<input checked="" type="checkbox"/> 	3-Franco-500mm	25/01/2016 05:53 ...	Documento de tex...	1 KB
	4-Arcilloso-Franco-500mm	25/01/2016 05:54 ...	Documento de tex...	1 KB
	5-Arcilloso-500mm	25/01/2016 05:55 ...	Documento de tex...	1 KB

DATOS DE LA VEGETACIÓN

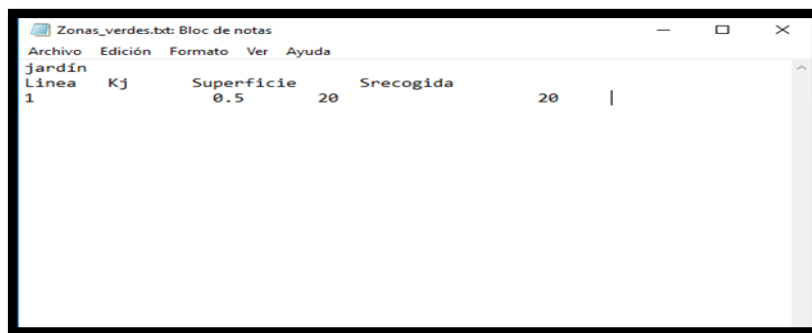
De igual manera que los datos de suelo, el programa proporciona los archivos auxiliares, que corresponde a una carpeta con el nombre "zonas verdes", estos archivos están clasificados de acuerdo a la superficie del jardín, que se refiere a la cantidad en metros cuadrados de vegetación que se riega. Para el caso del jardín del proyecto se tiene que el jardín abarca 87 m² por lo tanto se tomará el archivo de texto de 100 m² que se muestra en la tabla no. 5, ya que es el más cercano a la medida real del jardín.

Tabla 5 Superficie de jardín.

	0_m2	26/01/2016 10:40 a...	Documento de tex...	1 KB
	25_m2	26/01/2016 10:42 a...	Documento de tex...	1 KB
	50_m2	26/01/2016 10:42 a...	Documento de tex...	1 KB
	100_m2	26/01/2016 10:42 a...	Documento de tex...	1 KB
	150_m2	26/01/2016 10:42 a...	Documento de tex...	1 KB
	200_m2	26/01/2016 10:42 a...	Documento de tex...	1 KB
	300_m2	26/01/2016 10:42 a...	Documento de tex...	1 KB
	400_m2	26/01/2016 10:42 a...	Documento de tex...	1 KB
	500_m2	26/01/2016 10:42 a...	Documento de tex...	1 KB
	750_m2	26/01/2016 10:42 a...	Documento de tex...	1 KB
	1000_m2	26/01/2016 10:42 a...	Documento de tex...	1 KB
	1500_m2	26/01/2016 10:42 a...	Documento de tex...	1 KB
	2000_m2	26/01/2016 10:42 a...	Documento de tex...	1 KB

En la tabla no. 6 se observan cuatro elementos del archivo txt de jardín, la primera es "línea", que corresponde al número de jardines que tenga la vivienda a analizar, para el estudio de este proyecto sería 2, ya que cuenta con un patio trasero

Tabla 6 Elementos de la superficie de jardín.



Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda	
jardín					
Línea	Kj	Superficie	Srecogida		
1		0.5	20	20	

y uno delantero. Después se tiene "kj" que corresponde al coeficiente de jardín, este coeficiente se da a partir de la cantidad de agua que consumen las plantas en función de las características de planta, la superficie se refiere al área plantada de jardín, y la recogida se refiere a la superficie de recogida del jardín, si tuviera una superficie aledaña impermeable que drenara a ella se podría considerar que la superficie de recogida sería igual a la superficie de la zona de jardín + superficie aledaña que drena al jardín.

DATOS METEOROLÓGICOS

Este apartado es muy importante, ya que se requiere información sobre la precipitación, evaporación y evapotranspiración, ya que dependiendo de la longitud de la serie de datos que se introduzcan, así de largo será el periodo de simulación. Si los datos introducidos van desde enero de 2001 hasta diciembre de 2009 el programa simulará los consumos y los ahorros que hubiera tenido esa edificación durante esos 9 años y que servirán como la muestra del comportamiento a largo plazo. En el presente proyecto se incluyeron los datos meteorológicos con base a los registros de CONAGUA de la estación más cercana de acuerdo a la ubicación del fraccionamiento, por un periodo de 8 años, ya que es la cantidad de datos inducidos

tomados de CONAGUA, que van desde el 2008 hasta el 2016, cabe mencionar que el periodo que acepta el programa puede ser de uno o dos años, pero entre más grande sea el periodo dará resultados más precisos.

6. TARIFAS

En la parte referente a contadores separados como se observa en el número 6 de la figura 1, si esta opción es seleccionada hace referencia a que se facturará cada vivienda individualmente y el consumo de exteriores con otro contador aparte. Para el caso de una vivienda unifilar, no se marcaría para que se considere que hay un solo contador para todos los consumos.

Un ejemplo claro para los contadores separados es para un edificio, pues para cada departamento se tendrá un contador de consumo interior, pero también habrá una tarifa para las zonas verdes (consumo exterior), que pagan en conjunto todos los departamentos que existan en el edificio. Al marcar el casillero de contadores separados en el programa MHS1 se tendrá la oportunidad de introducir tanto la tarifa de consumo doméstico, como la de consumo de exteriores, para hacer la simulación se introducirán las mismas tarifas de consumo doméstico como de consumo de exteriores, el mismo programa por si solo tomará criterios para cada caso (Díaz, 2018).

De acuerdo a la zona donde se haga el estudio la tarifa se refiere al costo que tiene el consumo de agua en una vivienda, en la tabla no. 7 se muestra un archivo .txt con los datos de las tarifas que maneja SMAPA en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, cuando no se tenga un dato exacto se colocara NaN. Los precios serán en euros y los volúmenes en m³.

Tabla 7 Tarifas en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

Suma de cuotas fijas	Suma variables sin bloques	Bloques 1 (limite inferior)	Bloques1								
30.3873	0	0	0	0	0	NaN	0	0.7153	0.8866	NaN	16
NaN	NaN	15	0	15	0	NaN	0	0.6532	0.7596	NaN	NaN
NaN	NaN	40	NaN	40	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN

- La primera columna será la suma de todas las cuotas fijas que aparezcan en la factura.
- La segunda columna es la suma de todas las cuotas variables pero que utilicen sistemas de bloques.
- La tercera columna es el límite inferior de cada tramo de bloques.
- En la cuarta columna el primer valor será 0 si los bloques no dependen del número de habitantes por vivienda y 1 si los bloques dependen del número de habitantes en la vivienda. El segundo valor se usa porque algunas tarifas ofrecen los primeros metros cúbicos de manera gratuita por lo que ese valor se descontará al consumo.
- En las columnas 5, 6, 7, y 8 siguen el mismo patrón que las columnas 3 y 4.
- En las columnas 9, 10 y 11 son los precios correspondientes a cada bloque.
- En la columna doce es el IVA aplicado a la factura.

7. DIRECTORIO DEL PROYECTO

Esta opción sirve para en vez de introducir los archivos externos uno a uno se pueda seleccionar el directorio donde se encuentran dichos archivos para cargarlos conjuntamente, lo que facilita que se carguen automáticamente.

8. MEDIDAS

En este apartado se eligen las medidas que se quieren evaluar y que afectan a la fontanería de las viviendas y al consumo del jardín.

- Fontanería en buen estado. Si la instalación es antigua se considera que puede haber fugas
- Reductores en grifos. Si todos los grifos de las viviendas tienen reductores de caudal o perlizadores.
- Lavavajillas. Si las viviendas disponen de lavavajillas.
- WC eficiente. Si las viviendas disponen de inodoros eficientes instalados.
- Recirculación ACS. Si las viviendas disponen de sistemas de recirculación de agua caliente sanitaria que evite el desperdicio del agua fría antes de que llegue la caliente.
- Riego optimizado. Si existe un diseño de la red de riego para optimizarla y así aumentar su eficiencia (que cada planta reciba solo el agua que le corresponda por sus necesidades hídricas). Un mejor diseño del jardín en cuanto a las especies elegidas, su distribución y cantidad no se incluye en este apartado (MHS1 Modelo de Hidrología Sostenible).

Para el caso de estudio, se consideró que la casa habitación tiene una fontanería en buen estado ya que las casas son relativamente nuevas, así como inodoros eficientes.

COMPONENTES DE LA SEGUNDA PESTAÑA DEL SOFTWARE

En esta pestaña del software se divide en dos segmentos, que son la Reutilización del agua, que esta subdividido en dos partes; para el agua de lluvia y la otra para las aguas grises, y la parte de Energía y CO₂ que también cuenta con

dos subdivisiones las cuales abarcan el consumo eléctrico y las emisiones de CO₂ (fig. 7).

The screenshot displays the 'Reutilización' and 'Energía y CO2' sections of the software interface. The 'Reutilización' section is divided into two sub-sections: 'Lluvia' (Rainwater) and 'Grises' (Greywater). The 'Lluvia' sub-section has a total value of 9, with a sub-total of 9.1. It includes input fields for 'Superficie de recogida de pluviales' (200) and 'Tamaño del depósito en litros' (10000). Below these are checkboxes for 'Para riego', 'Para WC', 'Para limpieza interior', 'Para otros consumos', 'Para duchas y grifos' (checked), and 'Para relleno de piscina'. The 'Grises' sub-section has a total value of 9.2 and includes checkboxes for 'Para riego', 'Para WC' (checked), 'Para limpieza interior', and 'Para otros consumos'. The 'Energía y CO2' section has a total value of 10, with a sub-total of 10.1 for electricity consumption. It includes input fields for 'Potencia (W)' (200), 'Caudal (l/h)' (3000), 'Coste de la energía (€/kWh)' (0.131), and 'Emisiones de CO2' (10.2). Below these are checkboxes for 'Asociadas al Ciclo Integral del Agua', 'Intensidad energética (kWh/m²)' (1.75), 'Emisiones totales (Kg CO2/m²)' (0.8), 'Asociadas al gasto eléctrico (Kg CO2/kWh)' (0.192), and 'Asociadas al gasto eléctrico de las bombas (Kg CO2/kWh)' (0.192). A 'Calcular' button is located at the bottom right.

Figura 3 Componentes de la segunda pestaña del software.

REUTILIZACIÓN

Este apartado da la opción de introducir medidas de reutilización tanto de agua de lluvia como de las aguas grises. Se debe tener en cuenta que para el caso de las aguas grises las aplicaciones son menores que las de las aguas de lluvia ya que estas no están completamente limpias.

AGUA DE LLUVIA

En este caso, consiste en almacenar el agua caída para posteriormente utilizarla para otros fines, para realizar esta simulación, como se puede observar en

la ilustración número 5, en el punto 9.1 en la primera celda nos pide proponer la superficie en metros cuadrados en la cual se recogerá el agua de lluvia, además en la celda siguiente, también se tendrá que introducir el tamaño del depósito propuesto en litros. Esto se realiza así ya que en el programa al final de realizar la simulación arrojará tanto el tamaño del depósito como el área de recogida de pluviales óptimos para el proyecto en específico.

Además, se deben de marcar en las casillas, el uso que se le daría al agua almacenada en dicho depósito, para este proyecto, se marcara la utilización del agua para limpieza interior.

AGUAS GRISES

Las aguas grises que son las que provienen de la regadera y de las llaves, no contendrán ningún resto de comida o heces fecales. Se recomienda almacenar las aguas grises tratadas solo por un par de días como máximo ya que pueden contener algún resto de bacterias o nutrientes que alimente la proliferación de algas, por lo que se necesita algún tipo de filtro, de fácil instalación para el tratamiento de esta.

Si un mismo uso se repite para agua de lluvia y para aguas grises, primero se intentará usar aguas grises y si no hay suficiente se usará agua de lluvia.

ENERGÍA Y CO₂

El ahorro de agua que se tenga provocará un ahorro de la energía asociada que se deja de consumir, pero para poder reutilizar las aguas almacenadas en nuestro depósito, ya sean aguas de lluvia o aguas grises, será necesario volver a bombearlas. Esto producirá un gasto eléctrico y una emisión de CO₂ asociada.

Esta energía asociada al agua tendrá una emisión de CO₂ pero aparte, otras labores de operación del ciclo integral del agua como mantenimiento, obras y demás también tendrán asociadas unas emisiones que ayudaremos a reducir. De la reducción que se genere en el consumo de agua, se hará un balance de energía y CO₂ asociado al proyecto.

Una vez introducidos todos los datos que pide el programa se procederá a hacer la simulación del consumo de agua con todos los parámetros que hayamos especificado, cuando pulsemos el botón “Analizar” ubicado en la parte inferior derecha de la pestaña (Fig. 2), este permanecerá de color azul hasta que termine la simulación, que volverá al gris habitual. Cuando la simulación termine, se podrá consultar la pestaña de resultados que se encuentra en la parte superior.

CAPÍTULO 4. ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eléctrica tiene una gran importancia en el desarrollo de la sociedad, su uso hace posible la automatización de la producción que aumenta la productividad y mejora las condiciones de vida de las personas.

Pero, así como hace la vida más cómoda, producirla con recursos no renovables, contamina el medio ambiente, generando residuos, emitiendo gases de efecto invernadero, erosionando la capa terrestre. Es por ello se debe ahorrar energía y hacer un consumo responsable.

IMPORTANCIA DEL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Actualmente el uso de la electricidad es fundamental para realizar gran parte de las actividades; gracias a este tipo de energía se tiene una mejor calidad de vida.

Con tan solo oprimir botones se tiene luz, calor, frío, imagen o sonido. Su uso es indispensable y difícilmente las personas son conscientes acerca de su importancia y de los beneficios al utilizarla eficientemente.

El ahorro de energía eléctrica es un elemento fundamental para el aprovechamiento de los recursos energéticos; ahorrar equivale a disminuir el consumo de combustibles en la generación de electricidad evitando también la emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera.

Nuestro país posee una gran cantidad de fuentes de energía. En México, la mayor parte de la generación de electricidad se genera a través del petróleo, carbón y gas natural, impactando de manera importante el medio ambiente al depender de los recursos no renovables, como son los combustibles fósiles. Al utilizarlos se emite

a la atmósfera una gran cantidad de gases de efecto invernadero, los cuales, provocan el calentamiento global de la tierra, cuyos efectos se están manifestando y son devastadores (Ahorremos luz, 2015).

Es necesario ahorrar electricidad, porque de esta manera se ahorra petróleo y divisas que se pueden invertir en otras ramas de la economía, la educación, la investigación o la cultura.

Ahorrar energía es el camino más eficaz para reducir las emisiones contaminantes de CO₂ (dióxido de carbono) a la atmósfera, y por tanto detener el calentamiento global del planeta y el cambio climático.

En los últimos tiempos además se ha dado importancia a la obtención de energía eléctrica mediante las denominadas energías limpias, siendo la transformación de energía eólica (mediante la movilización de turbinas eólicas por el viento) o la energía solar (utilizando paneles fotovoltaicos que capturan la luz solar) en aquellas utilizables en el hogar, evitando la emisión de gases contaminantes por parte de las centrales eléctricas que funcionan con base en la quema de combustibles fósiles.

CAPÍTULO 5. SISTEMA FOTOVOLTAICO

Esta alternativa tecnológica que se presenta consiste en la generación de energía eléctrica lo más cerca posible al lugar de consumo, justo como se hacía al inicio de la industria de generación de energía eléctrica, utilizando la energía que nos proporciona el sol y captándola a través de tecnología fotovoltaica, se puede obtener una serie de beneficios que se plasmaran a continuación (Lagina, 2012):

- El territorio mexicano dispone de abundante radiación solar.
- La tecnología fotovoltaica permite soluciones modulares y autónomas.
- La operación de los sistemas fotovoltaicos es amigable con el medio ambiente.
- Los sistemas tienen una vida útil larga (más de 20 años).
- El mantenimiento es sencillo y tiene costos muy bajos.
- Los sistemas fotovoltaicos han experimentado una reducción de precios que los hace más accesibles para las poblaciones rurales y se espera que sigan bajando.
- En México ya existen distribuidores de equipos fotovoltaicos que ofrecen sus productos y la instalación de los mismos.
- La instalación de los sistemas fotovoltaicos individuales es simple, rápida y sólo requiere de herramientas menores y equipos de medición básicos.

FUNCIONAMIENTO DEL PANEL FOTOVOLTAICO

La conversión directa de energía solar a eléctrica, se realiza a través de las celdas solares; son dispositivos que aprovechan el efecto fotovoltaico, la capacidad de algunos materiales semiconductores para generar electricidad, cuando incide sobre ellos una radiación luminosa.

Un material conductor, como el cobre o el aluminio, permite el fácil paso de una corriente eléctrica porque tiene un número significativo de cargas libres dentro del mismo.

Una celda solar típica está constituida por una hoja de silicio de gran pureza, tratada con fósforo y conectada con electrodos en las dos caras.

Cuando la luz incide sobre un semiconductor de este tipo, el bombardeo de los fotones libera electrones de los átomos de silicio creando dos cargas libres, una positiva y otra negativa. El equilibrio eléctrico de la unión N-P se ve alterado por la presencia de estas nuevas cargas libres. Si al semiconductor se le conectan dos cables (uno por cada zona), se verifica la existencia de un voltaje entre los mismos. Si los terminales de la célula FV son conectados a una carga eléctrica, circulará una corriente eléctrica en el circuito formado por la célula, los cables de conexión y la carga externa. Sólo una parte del espectro luminoso puede llevar a cabo la acción descrita.

Los niveles de producción de energía que se alcanzan con una célula son muy bajos, es por eso que se agrupan en paneles y éstos a su vez se pueden conectar en serie o paralelo para alcanzar el voltaje o intensidad requerida para cada uso concreto (Piña, Junio 2014).

PARTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Los sistemas fotovoltaicos basan su funcionamiento en el efecto fotoeléctrico para transformar la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica. Este proceso de generación de electricidad renovable no contamina, no emite gases nocivos, su mantenimiento es mínimo y no genera ruidos molestos. La tecnología fotovoltaica es totalmente confiable y su instalación en residencias e industrias es

sencilla. A continuación, a través de la figura no. 4 se enuncian las partes que conforman un sistema de generación fotovoltaico aislado a nivel residencial.



Figura 4 Partes de un sistema de generación fotovoltaico.

1. Paneles Solares Fotovoltaicos: Los paneles solares están formados por celdas fotovoltaicas, las cuales recolectan los rayos del sol y los convierten en corriente directa (DC).
2. Inversor: Recibe la corriente directa (DC) generada por los paneles solares y la convierte en corriente alterna (AC), el tipo de electricidad comúnmente utilizada.
3. Tablero Eléctrico: La corriente alterna (AC) que sale del inversor llega a un tablero eléctrico donde está lista para ser utilizada.
4. Medidor de Energía Bidireccional: Mide la energía entregada por la compañía de luz al usuario, así como la energía fotovoltaica residual compensada en su estado de cuenta, de esta manera la energía residual producida por su sistema fotovoltaico se descuenta de su próximo recibo de luz.

5. Red Eléctrica: Es el sistema eléctrico de la compañía de luz. Su sistema fotovoltaico permanecerá conectado a la red eléctrica para permitir el funcionamiento de la red eléctrica cuando se requiera energía adicional a la que su sistema fotovoltaico produjo, por ejemplo, durante la noche garantizando así un suministro constante y confiable de electricidad.
6. Sistema de Monitoreo: Su sistema fotovoltaico ofrece la posibilidad de monitorear la producción diaria de energía fotovoltaica y verificar que su sistema funcione adecuadamente, así como llevar un registro del CO₂ no emitido al ambiente.

INTERCONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA

Dentro de los sistemas de energía solar fotovoltaica, existen dos tipos configuración para realizar la conexión, ya sea sistema aislado o un sistema de interconexión a red.

Un sistema de conexión aislado, al igual que el de interconexión a red, utilizan paneles fotovoltaicos para transformar la energía solar en energía eléctrica, con la diferencia de que en el caso del sistema aislado toda la energía producida es almacenada en un banco de baterías. Este sistema independiente, con la virtud de que almacena la energía en un banco de baterías, tal energía almacenada puede ser utilizada en ocasiones donde la radiación solar no esté disponible.

Este sistema es muy práctico y versátil, Dado que se puede implementar en casos donde se desea suministrar energía eléctrica a veredas, zonas rurales alejadas y aisladas de los centros de generación.

A un sistema interconectado, un Sistema Interconectado a Red es una instalación que aprovecha la energía solar para producir electricidad mediante

módulos fotovoltaicos. La energía solar se transforma en electricidad y se inyecta a la red pública. No es necesario contar con un medio de almacenamiento (baterías). Existen dos tipos de sistema interconectado con respaldo y sin respaldo.

Aunque es poco común encontrar un sistema interconectado a red con respaldo, es decir, con banco de batería, es posible su construcción, lo cual, naturalmente aumenta los costos de inversión inicial del proyecto, sin embargo, la demanda de suministros energético por parte de la red pública se reduciría. El modo de funcionamiento va de la siguiente manera, al momento de generar de electricidad mediante los paneles solares se empieza a cargar el banco de baterías almacenando la capacidad calculada de energía, el remanente o energía extra producida por el sistema es entregada a la red pública, teniendo así un mayor costo beneficio dado que el respaldo de energía almacenado en las baterías puede ser utilizado en horas de la noche en iluminación o cualquier otra actividad, por lo tanto el suministro energético por parte de la red pública se reduce considerablemente generando así una reducción en el costo de la factura.

En cambio, un sistema interconectado a red sin respaldo, implementa un contador bidireccional que permite tener un control del consumo y producción de energía eléctrica, como es esto, al consumir energía eléctrica de la red el contador gira en un sentido contabilizando la energía consumida durante un lapsus de tiempo y este es el método por el cual las empresas de energía facturan a los consumidores, pero al producir energía eléctrica por medio del sistema fotovoltaico y esta energía es proporcionada a la red pública, este elemento contador gira en dirección opuesta, es decir descuenta al consumo generado. Es por decirlo de alguna manera de que la energía producida es almacenada en la red eléctrica.

Cabe destacar que, para implementar un sistema interconectado, se deben contar con los permisos necesarios y equipos proporcionados por las empresas generadoras de energía de cada localidad.

CAPÍTULO 6. CTRL+SUN

CTRL+SUN es un software que tiene una sofisticada base de datos, los cuales incluyen tarifas actualizadas constantemente de CFE, de acuerdo a la región y localidad de donde se evaluaría el proyecto, las horas de insolación de cada localidad, así como la cantidad de radiación solar, un catálogo de diferentes tipos de paneles e inversores con las especificaciones técnicas , además de que realiza el cálculo automático del dimensionamiento, lo que nos permite hacer diferentes propuestas y la cotización de estas.

Este software arroja datos precisos sobre la cantidad de paneles que necesitaríamos y el costo de estos de acuerdo a su capacidad, además genera graficas donde es posible observar claramente los consumos de energía eléctrica usuales y los consumos que se tendrían si se tuviera el sistema instalado, además de cuánto dinero se ahorraría con esto. También genera en cuanto tiempo se tendría el retorno de la inversión y la cantidad de CO₂ que se mitigaría con este sistema.

CAPÍTULO 7. MODELO PARTICULAR

El modelo particular consiste en hacer un diseño y evaluar el funcionamiento de uno o varios tanques captadores de agua de lluvia por medio del programa MHS1 para la reutilización de esta agua y su distribución. El diseño asume que el área de captación será en el techado de las casas y se dirigirá hacia el tanque de almacenamiento para posteriormente distribuirlo desde el tanque hacia donde sea necesario su uso, como baños y para riego. Además, se hará el diseño para la instalación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red con ayuda del programa CTRL+SUN y se propondrá un ahorro aproximado del 80% en el consumo de luz eléctrica.

HIPÓTESIS

Al realizar la simulación en el software MHS1 se obtendrán ahorros de consumo de agua, dado que se aplicará el uso de sistemas de captación de aguas de lluvia y aguas grises para que en éstos se almacene el agua y así reutilizarla. También se generarán ahorros económicos y de energía, esto se debe a que se aprovechara el agua proveniente de la lluvia para su uso en nuestros hogares y habrá ahorros económicos ya que no se pagara el agua que se almacene proveniente de la lluvia.

Y al realizar la propuesta para la instalación fotovoltaica con el programa CTRL+SUN se obtendrán también ahorros económicos ya que parte de la energía que se consuma en el hogar la estaremos produciendo mediante los paneles, además de reducir la contaminación con CO₂ que se genera al producir energía mediante otras fuentes convencionales.

Es necesario tomar conciencia de la importancia que tiene el uso racional del agua y el ahorro de energía, ya que tiene un impacto positivo sobre el cambio climático.

CAPÍTULO 8. CASO DE APLICACIÓN DE LOS PAQUETES MHS1 Y CTRL+SUN AL FRACCIONAMIENTO RESIDENCIAL ÁMBAR EN LA CIUDAD DE TUXTLA GUTIÉRREZ.

APLICACIÓN DE MHS1

Se tomó un consumo promedio de 400 lts/hab/dia de acuerdo a la clasificación de la Comisión Nacional de Agua, un área de recogida de 165 m² que corresponden al techado de la casa, el tipo de suelo es franco, y un área de 87 m² para los datos de la vegetación, ya que el área correspondiente al jardín de la casa es de 87 m², el área más cercana a esta es la de 100 m².

Posterior a ingresar todos los datos requeridos el programa realizo una serie de iteraciones y se obtuvieron los datos mostrados en la figura no. 5, esta iteración se realizó con la suposición de un tanque de 20,000 lts.

Se observa que se lograría un ahorro del 36% que sería un total de 1933 m³ de agua en un periodo de nueve años, este periodo es debido a la serie de datos de la meteorología proporcionados de CONAGUA.

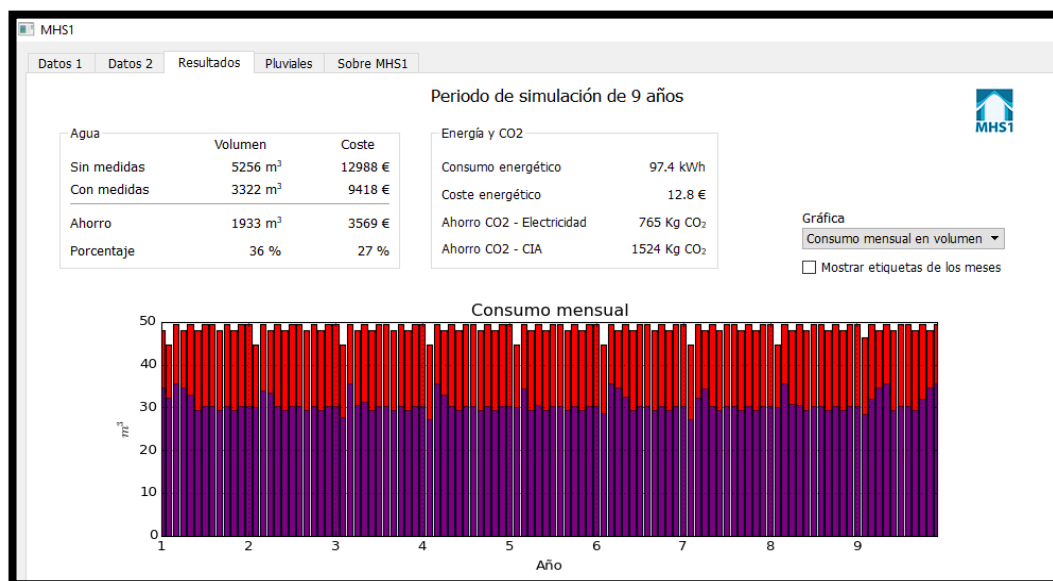


Figura 5 Resultados con 20,000 lts.

A partir de estos resultados, en el apartado de pluviales, se realizarán iteraciones para obtener el tamaño óptimo del depósito, donde se señala un deposito variable de 0 a 20,000 lts que fue la suposición del tamaño del tanque que se hizo al principio; y una superficie de recogida fija que corresponde a los 165 m², ya que no se tiene otro espacio que haga la función como zona de captación y se ve limitado al área del techado de la casa (Fig. 6).

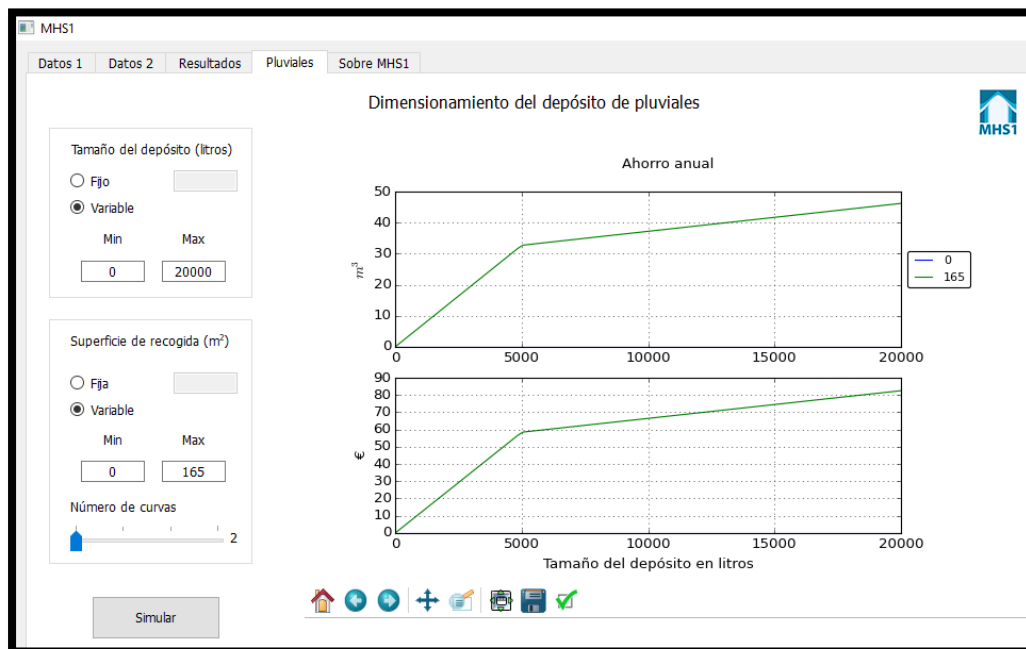


Figura 6 Dimensionamiento del depósito de pluviales.

Como se puede observar en la ilustración no. 6, a partir de los 5,000 lts la curva ya no es tan pronunciada, lo que dice que no se produce un aumento significativo de ahorro de agua, por lo que se sugiere reducir el tamaño del depósito y obtener un mejor resultado.

Por tanto, ahora se marca un tamaño de depósito máximo de 5,000 lts con la misma superficie de recogida.

Con un depósito de 5,000 lts se tendría un mejor desempeño (Fig. 7), ya que se observa una gráfica exponencial en cuanto al ahorro de agua, a diferencia del

depósito de 20,000 lts ya que en ese caso no se tiene un ahorro significativo a pesar de que sea un depósito mucho más grande, esto se debe a que aunque el tamaño del depósito sea mayor las lluvias en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez son limitadas y no alcanzarían a llenarlo, por lo que el tamaño óptimo del depósito sería de 5000 lts que trabajaría a su máxima eficiencia de acuerdo con los datos pluviales que se tienen en ciudad.

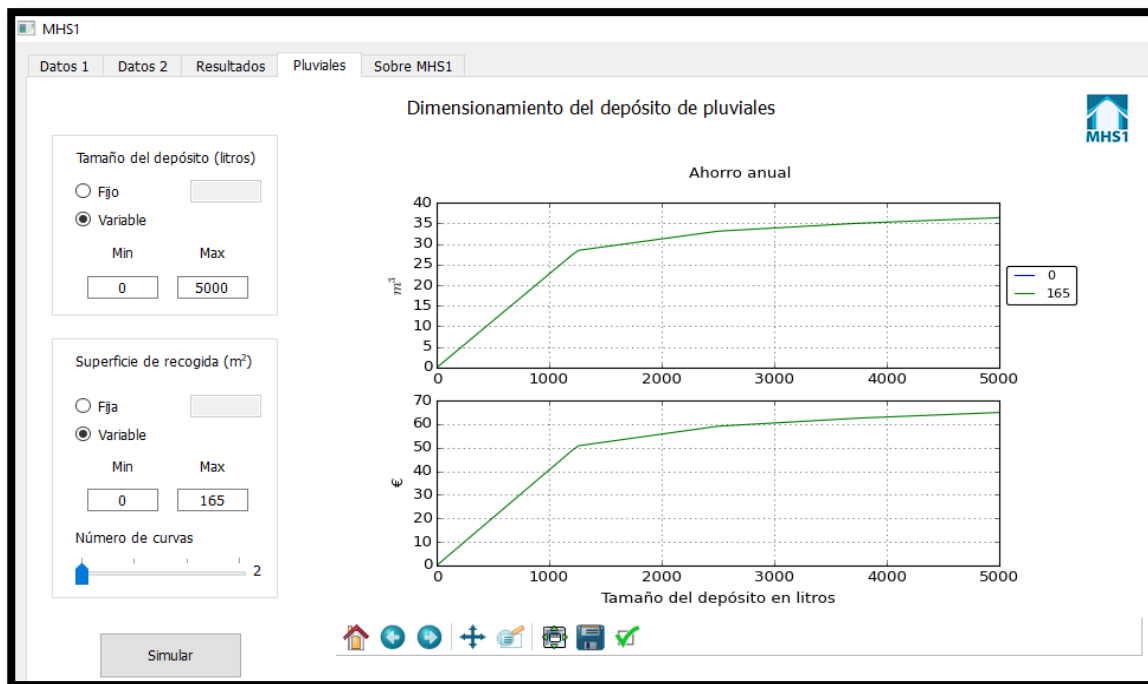


Figura 7 Dimensionamiento del depósito de pluviales con 5,000 lts.

Además, como se puede observar con mayor precisión en la figura no. 8, con un tanque de 5,000 lts tendríamos un ahorro de 1798 m³, lo que es poca diferencia con el tanque de 20,000 lts que tenía un ahorro de 1933 m³, y tomando en cuenta que su construcción sería más costosa, se tomara la opción del depósito de 5,000 lts.

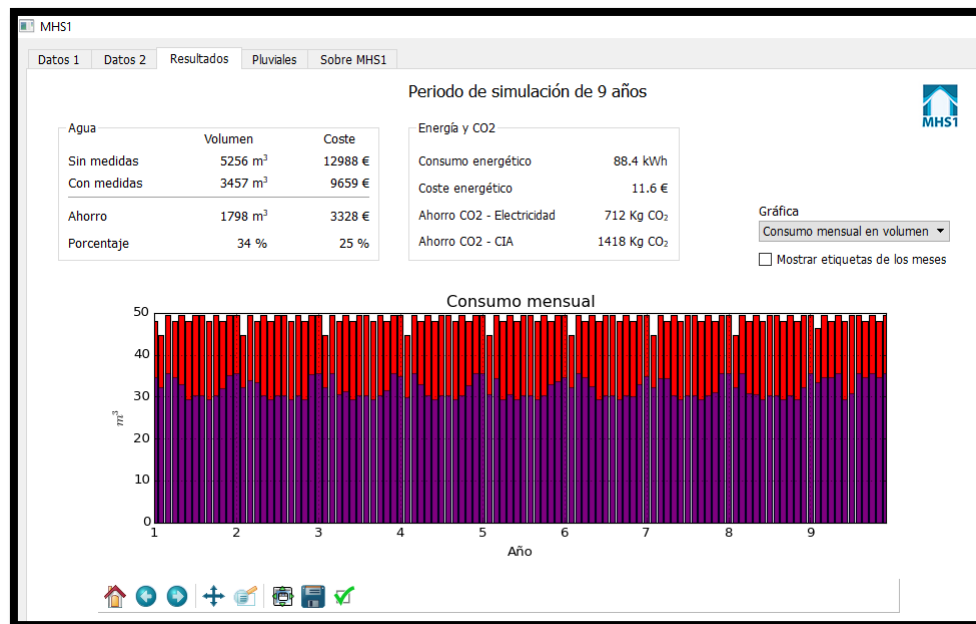


Figura 8 Resultados con 5,000 lts.

También podemos ver en la gráfica de nivel de depósito de pluviales en la figura no. 9, que el tanque estaría trabajando a su máxima eficiencia ya que si alcanzaría su capacidad máxima en determinados periodos.



Figura 9 Nivel del depósito de pluviales.

APLICACIÓN DE CTRL+SUN

Se ingresaron los datos del consumo histórico bimestral de energía eléctrica de una casa en el fraccionamiento residencial Ámbar por el periodo de un año y se ingresaron en el programa CTRL+SUN (Tabla 8).

Tabla 8 Consumo histórico.

Consumo histórico			
Inicio	Término	KWh	Pago a CFE
Abril 2019	Mayo 2019	2158	\$11,379.23
Marzo 2019	Abril 2019	2097	\$11,370.09
Febrero 2019	Marzo 2019	1895	\$10,775.47
Enero 2019	Febrero 2019	1412	\$8,429.05
Diciembre 2018	Enero 2019	1308	\$7,211.48
Noviembre 2018	Diciembre 2018	1458	\$7,887.21
Octubre 2018	Noviembre 2018	1506	\$7,909.94
Septiembre 2018	Octubre 2018	2108	\$10,893.98
Agosto 2018	Septiembre 2018	2119	\$11,339.79
Julio 2018	Agosto 2018	2196	\$11,671.26
Junio 2018	Julio 2018	2203	\$11,440.02
Mayo 2018	Junio 2018	2435	\$12,007.98
Total		22895	\$122,315.49

Los montos equivalen al cobro por kWh consumidos.

En base a estos datos el programa nos deja seleccionar el tamaño de nuestro sistema, indicando la cantidad de ahorro que tendremos con él, en este caso se ha seleccionado un ahorro del 80% del consumo de energía eléctrica mensual.

Posteriormente nos genera un menú con diversas marcas y capacidades para paneles solares e inversores, y en base a los que seleccionemos nos realice un presupuesto del sistema, para este caso, los más óptimos se indican en la tabla no. 9, además de indicar la cantidad de paneles y el área necesaria para la instalación.

Tabla 9 Información del panel e inversor.

Información del panel	Información del inversor
Modelo del panel: SRP-275-6PB Marca: Seraphim Cantidad: 55 Potencia: 275.00 watts Producción del sistema: 1519.64 kWh/mes Área aprox.: 110.00 m ²	Modelo de inversor: 5K-2G Marca: Solis Cantidad: 3 Tamaño del sistema: 15.13 kW

Consecutivamente el programa nos arroja un gráfico con los pagos históricos y los pagos que se realizarían con el sistema (Fig. 10).

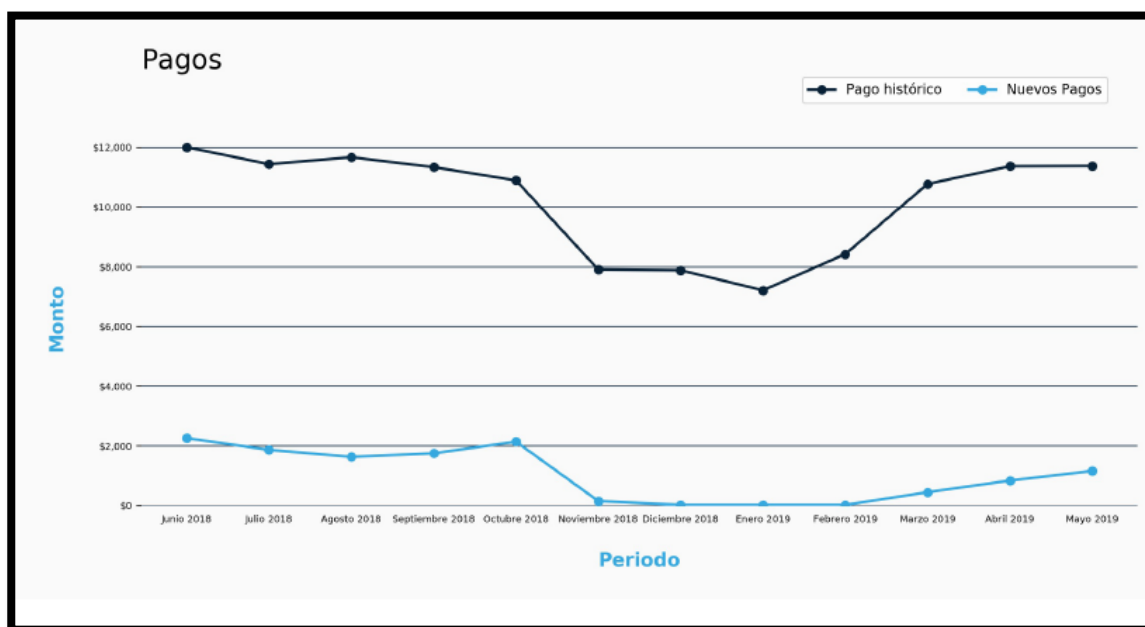


Figura 10 Grafica de pago histórico y con paneles.

También arroja el comparativo de consumo anual, donde se puede observar que los picos en color azul que sobrepasan las barras color verde serian nuestro nuevo consumo de energía eléctrica (Fig. 11).

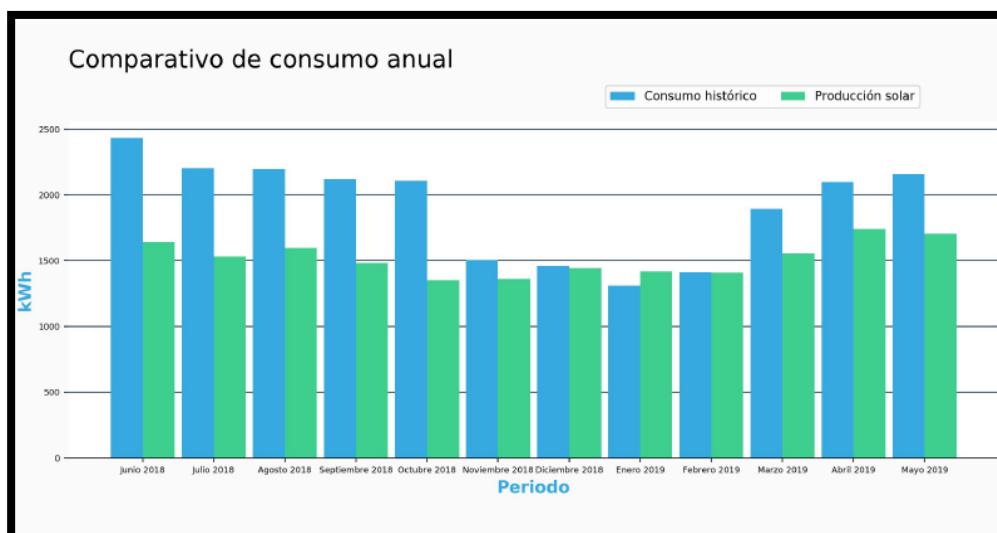


Figura 11 Comparativo del consumo anual.

El costo total del sistema sería el indicado en la tabla no. 10, que sería un total de \$506,089.79 con un ahorro mensual de \$9,164.20.

Tabla 10 Pago mensual promedio y costo del sistema.

Sin paneles	Con paneles	
Pago mensual promedio a CFE	Pago mensual promedio a CFE	Ahorro mensual
\$10,192.96	\$1,028.75	\$9,164.20
Cotización		
Gran total en pesos		\$506,089.79 MXN

El software también proporciona el beneficio ambiental anual de Kg de CO₂ sin emitir en función del sistema (Fig. 12).

Beneficio ambiental anual
☁ 12571.67 KgCO ₂ sin emitir

Figura 12 Beneficio ambiental anual.

Al final genera el gasto total a un periodo de 25 años, comparando el resultado en el gasto sin la instalación del sistema, con el sistema y el ahorro promedio que se tendría, siendo este de \$6,646,376.64 pesos (Fig. 13).

Gasto total a 25 años		
Sin paneles	Con paneles	Ahorro
\$7,955,387.88	\$1,309,011.24	\$6,646,376.64

Figura 13 Gasto total a 25 años.

En base a estos resultados, se tendría una TIR (tasa interna de retorno) en un periodo de 3 años y 6 meses (Fig. 14).

ROI
Recuperación de inversión
3 años 6 meses

Figura 14 Retorno de inversión.

CAPÍTULO 9. RESULTADOS

Se realizó un estudio para el aprovechamiento de aguas pluviales mediante un tanque de almacenamiento en el fraccionamiento residencial Ámbar ubicado en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Donde se usó el programa HMS1 para identificar el tamaño óptimo del depósito (Fig. 15), para ello fue necesario ingresar diferentes tipos de datos de entrada, como son; la precipitación de la zona, superficie de recogida, características de la vegetación, tipo de suelo, costos de agua y energía, etc.

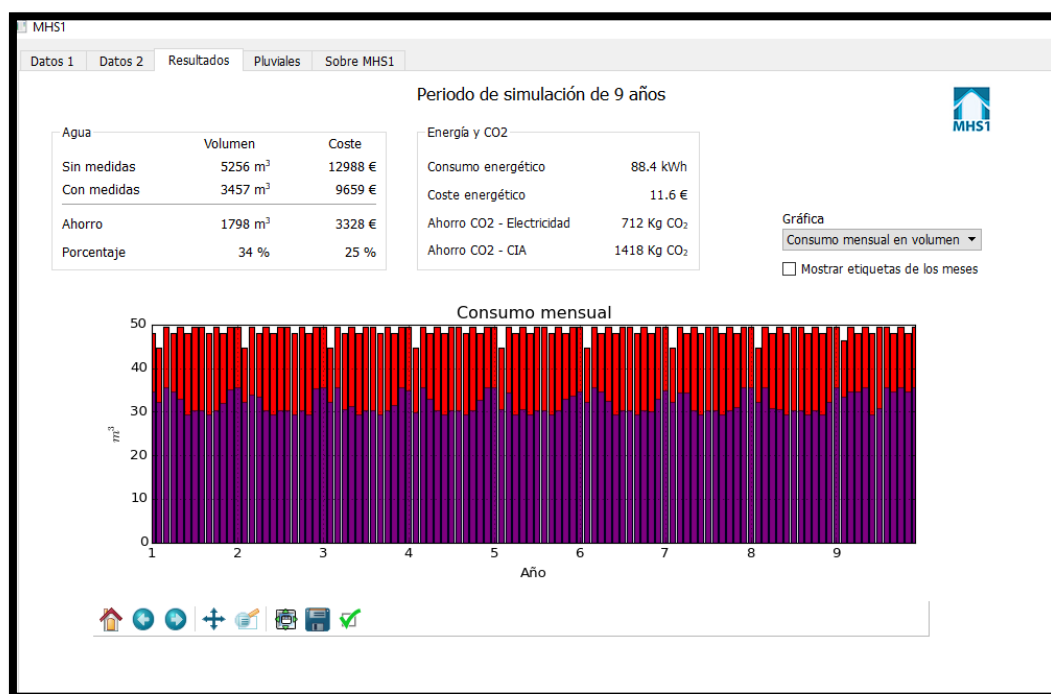


Figura 15 Resultados óptimos.

En base a los resultados obtenidos con el programa HMS1, se tuvo un ahorro promedio de 449.5 m³ de agua por persona en un periodo de 9 años, tomando en cuenta que en el fraccionamiento residencial Ámbar cuenta con un total de 91 casas y un promedio de 4 habitantes por vivienda, se tendría un total de 163,618 m³, lo que equivale a un total de 163,618,000 lts. de ahorro de agua en dicho periodo.

También tendríamos un ahorro económico de 3,569 €, considerando que 1 € vale \$21.34 pesos mexicanos, obtendríamos un ahorro monetario de \$6,930,783.86 pesos. Además, dejaríamos de emitir 208,299 kg de CO₂, en el periodo de 9 años por las 91 casas del fraccionamiento residencial Ámbar.

En conjunto con los resultados obtenidos con el programa CTRL+SUN para una casa en dicho fraccionamiento se tendría un ahorro de 18,235 KWh anuales, lo que equivale a \$55,504.10 pesos, promediándolo para un periodo de 9 años y si fuese instalado en las 91 viviendas del fraccionamiento ahorraríamos 14,934,465 KWh equivalente a un total de \$45,457,857.9 pesos. Además de mitigar 10,296,197.7 kg de CO₂.

CAPÍTULO 10. CONCLUSIONES

En este proyecto se utilizó la combinación de dos diferentes softwares, que son el MHS1 y CTRL+SUN para el estudio del fraccionamiento residencial Ámbar ubicada en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

El objetivo del trabajo fue analizar el consumo de agua en la casa habitación y proponer, en su caso, medidas para el ahorro del agua, de igual manera, en base a los consumos de energía eléctrica proponer la instalación de paneles fotovoltaicos para reducir dicho consumo.

Después de aplicar los softwares a una casa habitación y de considerar el número de habitantes que tiene el fraccionamiento, podría generarse un ahorro de 163,618,000 lts. de agua y 14,934,465 KWh en un periodo de nueve años lo que nos daría un ahorro total de \$52,388,641.76 pesos y 10,504,496.7 kg de CO₂ sin emitir.

Para poder ahorrar el volumen mencionado es necesaria la construcción de una cisterna en cada casa, que en este caso resultó de 5000 litros, con un costo de \$14,156 pesos; y la instalación de 24 paneles fotovoltaicos de 320 watts con costo de \$506,089.79 pesos.

Es importante hacer conciencia acerca del uso racional de agua y energía, es posible ahorrar energía en la mayoría de las viviendas de una forma no excesivamente costosa y en la mayoría de casos este ahorro de energía supone un ahorro económico ya que en la mayoría de casos el ahorro supera a los costes en un plazo de amortización no muy amplio, además de que ayudamos en el cuidado del medio ambiente creando energía limpia y dejando a un lado la quema de combustibles fósiles que generan contaminantes a la atmosfera.

También hay que tener en cuenta que en el caso del agua es un recurso no renovable, y en ciertas regiones del mundo tienen el problema de la escasez de agua, que empieza a tener serios problemas sociales. Los seres humanos aprovechamos este importante recurso, por lo que es fundamental su educación y concientización.

BIBLIOGRAFIA

- Aguedo, F. G. (2016). *Diseño y construcción de un sistema recolector de aguas lluvias para el módulo ecosostenible de la fundación kyrios.*
- Ahorremos luz. (15 de Agosto de 2015). Obtenido de <https://ahorremoselectricidad.wordpress.com/2015/08/15/la-importancia-de-la-energia-electrica/>
- Álvarez, E. R. (2009). *Uso eficiente de gua en edificaciones.* México.
- Baquero, M. T. (2013). *Ahorro de agua y reutilización en la edificación en la ciudad de Cuenca, Ecuador.* Cuenca, Ecuador.
- Choc, M. D. (2017). *Diseño de tanque de captación y tratamiento de agua, Casillas, Santa Rosa.* Guatemala.
- CONAGUA. (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.* Tlalpan, México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Díaz, I. L. (2018). *Aplicación del software MHS1 como herramienta para disminuir el consumo de agua domestica.* Tuxtla Gutierrez, Chiapas.
- Durán., J. S. (2016). *Estado del arte de los sistemas de captación y aprovechamiento de aguas lluvias como alternativa en el ahorro de agua potable en viviendas.* Bogotá.
- García, P. Á. (2003). *Agua, medio amiente y desarrollo en el siglo XXI.* Michoacan: El colegio de Michoacan.
- Guerrero, M. e. (2013). *La huella del agua.* México: Fondo de cultura económica.
- Iberdrola. (s.f). *Efectos ambientales de la producción y distribución de energía eléctrica: acciones para su control y corrección.*
- José Alejandro Ballén Suárez, ,Miguel Ángel Galarza García, Rafael Orlando Ortiz Mosquera. (2006). *Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia.* João Pessoa, Brasil.
- Juan Carlos Cruz Ardilla, d. f. (2014). *Aplicación electronica para el ahorro de agua en una vivienda familiar. Ingenieria y tecnologia, 324.*

- Lagina, L. E. (2012). Beneficios ambientales, sociales y tecnológicos, por la implementación de sistemas de abastecimiento energéticos, mediante el empleo de energías renovables. (sistema fotovoltaico). 36-37.
- Márquez, M. O. (2016). *La percepción de los usuarios del servicio de agua potable en Xalapa*. Xalapa, Veracruz, México.
- Martín D. Mundo Molina, Romeo Ballinas Avendaño, Polioptro Martínez Austria, Miguel Raúl Ponce Martínez, Edgar Rafael Ferrer Penagos. (1999). *Aspectos hidráulicos y de diseño en la construcción del colector de agua de lluvia de Yalentay, municipio de Zinacantán, Chiapas, México*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- (s.f.). *MHS1 Modelo de Hidrología Sostenible*. Obtenido de <http://hidrologiasostenible.com/blog/>
- Opciones técnicas para la agricultura familiar en America Latina y Caribe. (2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia*. SANTIAGO, CHILE.
- Organización panamericana de la salud. (2004). *Guía de diseño para captación de agua de lluvia*. Lima.
- Piña, A. C. (Junio 2014). *Cálculo y diseño de sistema solar fotovoltaico para uso doméstico.*, 7-8.
- Santiago Manrique, F. J. (2015). *Desperdicio de agua en el colegio ciudadela Colsubsidio*.