



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

**Elaboración de un procedimiento para el diseño de
sistemas de captación de agua de lluvia para uso
domestico.**

POR:

JORGE BARTOLOME ZUNUN

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Mayo del 2009.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Elaboración de un procedimiento para el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia para uso domestico.

Por:

JORGE BARTOLOME ZUNUN


TESIS

Que Somete a la Consideración del H. Jurado Examinador como
Requisito Parcial para Obtener el Título de:

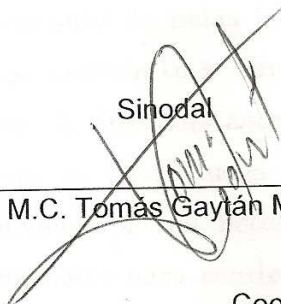
INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobada por el Comité de Tesis

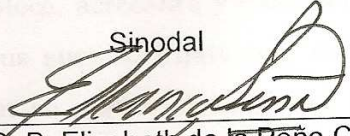
Asesor Principal


Dr. Martín Cadena Zapata

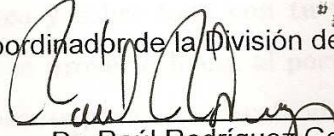
Sinodal


M.C. Tomás Gaytán Muñiz

Sinodal


M.C. B. Elizabeth de la Peña C.

Coordinador de la División de Ingeniería


Dr. Raúl Rodríguez García

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo del 2009.



Coordinación de
Ingeniería

Eres arquitecto de tu propio destino, tu y solo tu puedes fijar la altura de tu propia cumbre, si naciste puedes; si puedes estas obligado; si vives edifica la pirámide de tu futuro. Fíjate un ideal elevado, no te apartes nunca del camino que conduce tu ideal, concentra en el toda tus fuerzas... y no te preocupes si debes luchar meses o años en alcanzarlos ten por seguro que lo alcanzaras.

Solo vive de verdad, el que vive dedicado con toda su alma a realizar un sueño. El que tiene un blanco elevado, el que tiene una gran esperanza, el que lucha por algo grande y hermoso, es feliz, aunque padezca trabajos y privaciones.

Ten dominio propio y equilibrio para saber cuando actuar y cuando esperar, en que circunstancias alzar el pecho y el cual humillar la frente. Ten la grandeza necesaria para no rebajarte hasta la envidia, ni odiar ni condenar, ni sucumbir ante la debilidad del orgullo. Corrige tus defectos, refrena tus impulsos y esfuérgate por adquirir buenos hábitos. Acostúmbrate a decir la verdad, no toleres la mentira, cumple tu deber y no permitas que nadie te aparte de la rectitud por ningún motivo. Ama la justicia y procura ajustar todas tus acciones con sus requerimientos. Ten la capacidad de arriesgarte y levantarte de todas las caídas. Vive cada día con entusiasmo, gloríate en algo, mantén tu admiración por cuanto ennoblece, acrecenta y embellece la vida. Analiza tus necesidades tus deseos y tus sueños. Fíjate una meta y traza tu ruta. Ruega a DIOS que ponga en tu mente el ideal que mas convenga a tus necesidades, a las necesidades de los demás y a tus propósitos para contigo y sobre todo pon tu fe por delante. Desarrolla un carácter integro, que se proyecte hacia al porvenir al tiempo y al espacio y trascienda la vida presente para alcanzar la vida futura e inmortal.

En pocas palabras se como DIOS quiere que seas.

DEDICATORIA

a mi padre **Dolores Bartolomé Gálvez**. Alguna vez prometí que llegaría a ser alguien del cual tú te sentirías orgulloso, y aunque no estés conmigo; te dedico este triunfo con todo mi corazón, gracias por regalarme la vida, por enseñarme a ser humilde, DIOS te bendiga donde quiera que estés.

a mi madre **Yolanda Zunún Pérez**, Gracias mamita por tu amor incondicional, por que cargaste en tu vientre dolor y cansancio, nunca podre pagarte todo lo que has hecho por mi y por mis hermanos. Admiro tu fortaleza y tu lucha constante. Te amo.

A mis hermanos:

Uriel gracias por ser como un padre para mi, eres mi ejemplo a seguir te admiro.

Chema gracias por tus consejos y tus preocupaciones, tqm.

Moisés admiro tu humildad, gracias por tu apoyo incondicional.

Cesarín y Alan enanos por ustedes luchare para darles un futuro mejor.

Este triunfo no hubiera sido posible sin el apoyo de ustedes. Muchas gracias por todo el apoyo moral y económico. Por el cariño y la amistad. Los quiero.

¡¡¡ Dios los bendiga!!!

A mi abuelita **Lidia Pérez Aguilar**, Gracias por tu oraciones, por preocuparte por mi, y por tu alegría que siempre me contagia, tqm abue.

Para ti, alguien muy especial, mi futura esposa, que no se quien de todas vaya a ser la dueña de mi vida, pero quiero que sepas que antes de elegirte ya vivías en mis pensamientos.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a **DIOS TODO PODEROSO**, creador del universo y dueño de mi vida, gracias por que nunca me has abandonado, por darme fuerzas en los momentos de debilidad, por regalarme una familia maravillosa y por cuidarlos en tiempos de ausencia, por esos buenos amigos que han formado parte de mi vida, por todas las bendiciones que has derramado en mi vida gracias mi señor.

Un agradecimiento especial a mis amigos

Rubier pozo Rodríguez. Viejo no tengo como agradecerte por el apoyo que siempre me has brindado, en los momentos más difíciles, gracias por los consejos y por tu amistad.

Gregorio Martínez Miguel. Gracias hermano por que se que en cualquier circunstancia de la vida, y en los problemas siempre has estado para apoyarme.

Orsai González Vázquez. Cuñado muchas gracias por tu amistad, en toda la época de la universidad fuimos como hermanos.

Wilder y Luís Adrian, les deseo todo el éxito del mundo, muchas gracias por la amistad.

Jhony C. García Morales y a Juany. Por el apoyo incondicional en esta tesis y por la gran amistad que siempre existió.

Ángeles Herrera Martínez. Gracias por que me enseñaste a ver los problemas de manera positiva, por tu manera de ser, y tu perseverancia. Tqm.

Ulda Eunice Sánchez Ramírez (chokis). Hacen faltan palabras para agradecerte el inmenso cariño que siempre me has dado, gracias por haberme enseñado que la suerte no existe solo las bendiciones de nuestro DIOS. Estuviste siempre en los malos tiempos y tu sonrisa siempre era motivo de alegría, por que cuando mas te necesitaba te encontré, nunca te olvidare.

Odalís Cayetano Alvarado. Eres una gran persona, pero sobre todo una gran amiga, gracias por tu cariño y amistad, te deseo toda la felicidad que te mereces, tqm.

Rafaela Ángeles Castañeda. Espero que nunca cambies, gracias por tu buen sentido del humor, por que hubieron tantos momentos buenos que compartimos, tqm y te voy a extrañar.

Betzaida García Benítez, muchas gracias por regalarme una sonrisa en los momentos de tristezas, gracias por ser mi amiga y por existir.

De corazón les agradezco a todos y cada uno de ustedes, dicen que la verdadera amistad se demuestra en los momentos más difíciles, ustedes estuvieron cuando más los necesitaba, no tengo como pagarles todo el apoyo que recibí. Que DIOS los bendiga siempre.

Sisianeli García López, (candí). Durante el tiempo que fuiste mi novia, me llenaste de luz, contigo me sentía especial cada momento que pase contigo nunca lo olvidare, tqm y te llevare siempre en mi corazón.

A las personas que también han formado parte de mi vida y de los cuales he aprendido mucho. **Magui (peque), Dulce Noemí, Blanca (Chikis), Anahi, Deysi**, de corazón gracias.

A mis compañeros y amigos de cuarto.

Uriel, Lisandro, Walter, Marvel, Pánfilo, Julio, Eliécer, Tavo, por la buena amistad y convivencia, tuve la fortuna de conocerlos, muchas gracias por ser cuates.

A mis amigos de mi comunidad.

Ivan, Pollo, Gato, Chino, Boni, Pajaro, Rudi, Lupita, Migui, Sandra, Marielita, Ingrid, Ivon, Güero, Loncho. Y A mi Moniquita preciosa. Por el cariño y el aprecio que siempre me han tenido.

A mi cuñada **Beatriz**, por llenar de felicidad la vida de mi hermano, gracias por se que eres una gran mujer y también se que te mereces a mi hermano.

A la familia **Roblero Morales**.

Por el apoyo incondicional que siempre me brindaron a lo largo de mis estudios de preparatoria. Los llevo en el corazón.

A mis tíos. Olga, Arnoldo, Ema, Elda, Tito y Aida por el cariño y la confianza que siempre han depositado en mí.

A mi "**ALMA TERRA MATER**" gracias por que fueron 5 años de lucha constante, yo puse mi empeño, y tu me diste las herramientas para ser una persona de bien, llevare con gran orgullo el nombre de mi NARRO.

Al Dr. Martín Cadena Zapata, por su apoyo incondicional en la realización de estas tesis, por su paciencia y amistad muchas gracias.

Al M.C. Tomás Gaytán Muñiz, por su apoyo y sugerencias en la realización de este proyecto.

A la M.C. B. Elizabeth de la Peña Casas, por la disponibilidad en las revisiones de esta tesis, muchas gracias.

Al ING. Juan Arredondo Valdez, como parte de la academia que siempre estuvo disponible para las sugerencias que necesitaba. Muchas gracias.

Al DR. Campos Magaña, gracias por el apoyo en las revisiones y recomendaciones en este trabajo de investigación.

A todos que de una u otra manera intervinieron en mi educación profesional y en este trabajo de investigación, muchas gracias.

INDICE

DEDICATORIAS.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
INDICE DE CONTENIDO.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE CUADROS.....	xi
RESUMEN.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.2 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.1.3 HIPOTESIS.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.....	4
2.1.1 Captación.....	4
2.1.2 Requisitos previos.....	5
2.1.3 Factibilidad.....	5
2.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN.....	6
2.2.1 Área de captación.....	6
2.2.2 Recolección y conducción.....	7
2.2.3 Interceptor.....	10
2.2.4 Filtración.....	11
2.2.5 Almacenamiento.....	13
2.3 BASES DEL DISEÑO.....	16
2.3.1 Determinación de la demanda.....	16
2.3.2 Calculo de la disponibilidad de agua.....	17
2.3.4 Determinación del volumen del tanque de abastecimiento.....	17
2.4 PROCESO DE DISEÑO.....	18
2.4.1 Proceso de diseño de Shigley.....	18
2.4.2 Proceso de diseño de Pahl.....	18
2.5 GENERALIDADES DE LAS BOMBAS.....	19

2.5.1 Bombas.....	19
2.5.2 Clasificación de las bombas.....	19
2.5.3 Sistema de cargas.....	20
2.5.4 Bombas alimentadas con energía solar.....	22
2.6 INVESTIGACIONES SOBRE CAPTACIÓN DE AGUA.....	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1 Clarificación de la tarea.....	27
3.2 Diseño conceptual.....	28
3.3 Incorporación al diseño.....	28
3.4 Diseño detallado.....	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	30
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
VI. BIBLIOGRAFIA.....	45
VII. ANEXOS.....	50
Anexo 1. Captación de agua en techos de lamina.....	51
Anexo 2. Captación de agua en techos de concreto utilizando bomba.....	52
Anexo 3. Captación de agua utilizando celdas solares.....	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Sistemas de captación de agua de lluvia.....	4
Figura 2.2 Formas de canaleta acordes a edificaciones.....	8
Figura 2.3 Separación entre el alero del techo y canaleta.....	9
Figura 2.4 Componentes de un filtro.....	11
Figura 2.5 Componentes de un generador eléctrico solar.....	23
Figura 2.6 Inversor de corriente que transforma 12 Volts en 220 Volts.....	23
Figura 2.7 Sistema de microcaptación pluvial.....	24
Figura 2.8 Componentes de un sistema de microcaptación.....	25
Figura 2.9 Captación de agua en techos.....	26
Figura 4.10 Esquema de un área de 100 m ² (16 m * 17 m).....	43

INDICE DE CUADROS

CUADRO 2.1 Coeficientes de escurrimiento.....	7
CUADRO 4.1 Calculo de la demanda	31
MONCLOVA	
Cuadro 4.2 Calculo para un área de 50 m ²	32
Cuadro 4.3 Calculo para un área de 100 m ²	32
Cuadro 4.4 Calculo para un área de 110 m ²	33
Cuadro 4.5 Diferencia acumulativa.....	34
CD. ACUÑA	
Cuadro 4.6 Calculo para un área de 50 m ²	34
Cuadro 4.7 Calculo para un área de 80 m ²	35
Cuadro 4.8 Calculo para un área de 90 m ²	35
Cuadro 4.9 Diferencia acumulativa.....	36
CHINA, NUEVO LEÓN	
Cuadro 4.10 Calculo para un área de 50 m ²	37
Cuadro 4.11 Calculo para un área de 80 m ²	37
Cuadro 4.12 Calculo para un área de 100 m ²	38
Cuadro 4.13 Diferencia acumulativa.....	39
REYNOSA TAMAULIPAS	
Cuadro 4.14 Calculo para un área de 50 m ²	39
Cuadro 4.15 Calculo para un área de 80 m ²	40
Cuadro 4.16 Calculo para un área de 100 m ²	40
Cuadro 4.17 Diferencia acumulativa m ²	41
Cuadro 4.18 Calculo del costo para un área de captación de 100 m ²	43

RESUMEN

En las zonas áridas y semiáridas del norte de México se tienen serios problemas para el abastecimiento de agua para uso y consumo doméstico, debido principalmente a las condiciones climáticas y la sobre explotación de los acuíferos.

El Activo Integral de Burgos (AIB), en el 2008 realizó un diagnóstico socioeconómico de viviendas rurales en el Centro-Norte de Coahuila, en donde un 32 % manifestó que la calidad del agua no era buena para consumo humano y su uso doméstico por el alto contenido de sales.

El objetivo de este proyecto fue elaborar un procedimiento para el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en zonas del Noreste de México, entre las cuales se encuentran los municipios de Monclava; Coahuila, Ciudad Acuña; Coahuila, China; Nuevo León, y Reynosa Tamaulipas.

Para el diseño se utilizó un modelo propuesto por Pahl et al (1984); el cual describe el método de diseño a utilizar en el cual se debe considerar la clarificación de la tarea, diseño conceptual, la incorporación al diseño, y el diseño detallado. Los factores más importantes a considerar son por una parte la precipitación de por lo menos 20 años anteriores, para determinar el potencial de captación y por otra parte la demanda de una vivienda típica.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede deducir que se satisface la demanda de una vivienda típica con un área de captación igual o mayor a 110 m².

Palabras claves:

Captación, Componentes, Diseño, Bombas.

I. INTRODUCCIÓN

El 97 % del agua de nuestro planeta está en los océanos en forma de agua salada. Del 3% de agua dulce que existe en el planeta, casi toda está almacenada en los mantos acuíferos profundos, en hielo y nieve permanente, en los grandes lagos y ríos; menos del 1% de toda el agua dulce se encuentra en la atmósfera. (Hieronimi, 2003).

Se estima que de 6400 millones de habitantes en el mundo, alrededor de una cuarta parte no tiene agua potable, siendo esta una de las causas por las que más de 1000 millones de personas sufran diarrea cada año. (Jiménez, 2006).

Recientemente se realizó un diagnóstico en el área rural del Norte del estado de Coahuila, en el cual un 32% de las viviendas carece de servicio de agua potable. Así mismo en la mayoría de las que lo tienen, manifestaron que la calidad no era buena para consumo humano y uso doméstico por el alto contenido de sales. (AIB, 2008).

En muchos lugares del mundo en donde no se dispone de agua en cantidad y con la calidad que se requiere para consumo humano, se recurre a la captación de agua de lluvia como fuente de abastecimiento. Investigaciones confirman que la captación y almacenamiento de agua de lluvia ha sido practicada por más de cuatro mil años, en países como Tailandia, Japón, Taiwán, Corea, India, Colombia, Costa Rica o Haití. En México, las aguadas (depósitos artificiales) fueron utilizadas en tiempos precolombinos para irrigar cultivos en áreas pequeñas, en zonas arqueológicas de la península de Yucatán, así como en Xochicalco, Morelos, desde el año 300 a.C. se emplearon sistemas de captación conocidos como *Chultus*. (PESA, 2007).

La captación, tratamiento y aprovechamiento de agua de lluvia es una importante fuente de abastecimiento de agua para uso y consumo humano, pecuario y agrícola para las comunidades rurales con población menor a 2500 habitantes, que presentan dificultades para su abastecimiento por su topografía, aislamiento, dispersión de caseríos o ausencia de fuentes de suministro, ya sean superficiales o subterráneas. (Fernández et al, 2004).

La circunstancia de que las prácticas y obras de captación de agua de lluvia sean poco costosas, las hace accesibles a los productores rurales que predominan en la agricultura de secano de las zonas semiáridas de la región. Por ese motivo el aumento de rendimientos que pueden generar estas prácticas, debe considerarse no sólo como un medio realista y práctico para obtener el aumento de producción, sino también para lograr el alivio de la pobreza de los productores rurales de esas zonas. (FAO, 1991).

Las ventajas que presentan estas tecnologías son las siguientes:

- Alta calidad físico-química del agua de lluvia.
- Empleo de mano de obra y/o materiales locales.
- Escaso o nulo consumo de energía.
- Facilidad para su construcción, bajo mantenimiento y operación.
- Ahorro de tiempo al recolectar el agua de lluvia.

A su vez las desventajas son:

- Alto costo inicial que puede impedir su implementación por parte de las familias de muy bajo recursos económicos.
- La cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar y del área de captación. (Garrido et al, 2006).

1.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar un procedimiento para el diseño de sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia para uso domestico, en comunidades del Noreste de México.

1.2 HIPÓTESIS

Es posible elaborar un procedimiento para el diseño de sistemas de captación de agua del lluvia, donde el volumen captado sea la suficiente cantidad para abastecer al menos la mitad de la demanda de agua de uso domestico en un hogar rural típico en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1.3 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.

1.3.1 Captación

Se define como una técnica que permite captar agua de lluvia de una zona llamada área de escurrimiento y es conducida hacia una zona de almacenamiento para ser utilizado posteriormente por los cultivos o para ser almacenada en una cisterna para el uso agropecuario y domestico rural. (SARH, 1982).

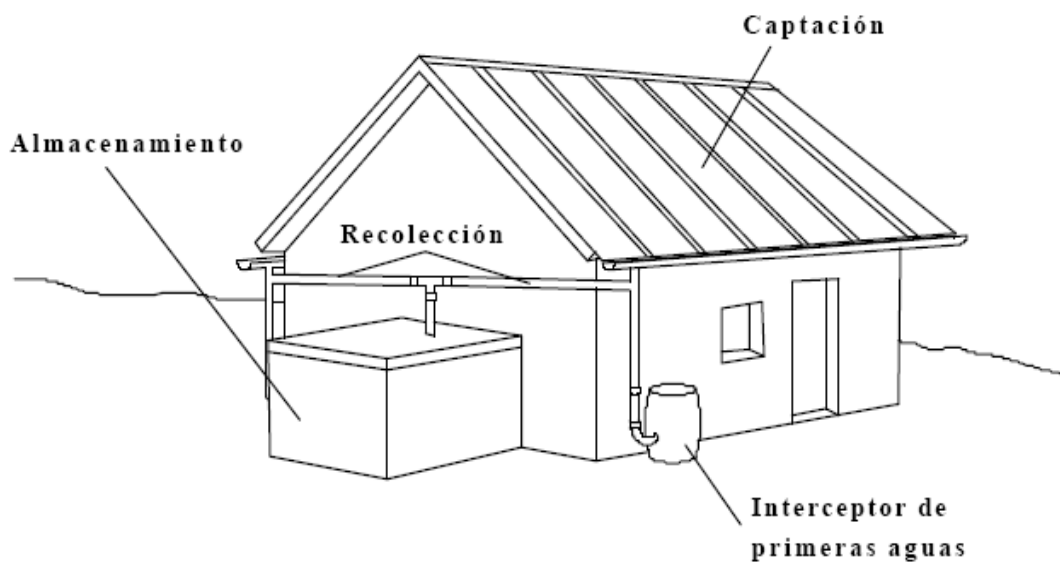


Fig. 2.1 Sistema de captación de agua de lluvia. (Jeannigs, 2002).

El agua de lluvia es interceptada, recolectada y almacenada para su uso posterior. Como se aprecia en la (Fig. 2.1) la interceptación del agua de lluvia se realiza, generalmente, en los techos de la vivienda, la recolección mediante canaletas y el almacenamiento en tanques exclusivos para este fin. (Jeannigs, 2002).

2.1.2 Requisitos previos

- a) El diseño del sistema de captación de agua de lluvia con fines de abastecimiento de agua debe estar basado en los datos de precipitación mensual de 10 a 20 años. (Femke, 2008).
- b) La oferta de agua de lluvia se debe determinar a partir del promedio mensual de las precipitaciones correspondientes al período de años analizados.
- c) La demanda de agua para el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia debe considerar un mínimo de cuatro litros de agua por persona/día para ser destinada solamente a la bebida, preparación de alimentos e higiene bucal. Y en zonas rurales se considera de 20 a 25 litros por persona/día para preparación de alimentos, higiene personal, lavado de vajillas y de ropa. De acuerdo a la Unidad de apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural. (UNATSABAR, 2003).

1.3.2 Factibilidad

De acuerdo a (Torres, 2008). Es importante considerar los siguientes factores:

Factor Técnico

Los factores técnicos a tener presente son la producción u oferta y la demanda de agua.

La producción u “oferta” de agua: está relacionada directamente con la precipitación durante el año y con las variaciones estacionales de la misma.

Por ello es recomendable trabajar con datos de la oficina meteorológica del país o de la región donde se pretende ejecutar el proyecto.

La demanda de agua: a su vez, depende de las necesidades del interesado y que puede estar representada por solamente el agua para consumo humano, hasta llegar a disponer de agua para todas sus necesidades básicas como son preparación de alimentos, higiene personal, lavado de vajillas y de ropa e inclusive riego de jardines.

Factor económico

Al existir una relación directa entre la oferta y la demanda de agua, las cuales inciden en el área de captación y el volumen de almacenamiento, se encuentra que ambas consideraciones están íntimamente ligadas con el aspecto económico, lo que habitualmente resulta una restricción para la mayor parte de los interesados, lo que imposibilita acceder a un sistema de abastecimiento de esta naturaleza.

Factor social

En la evaluación de las obras de ingeniería a nivel comunitario, siempre se debe tener presente los factores sociales, representados por los hábitos y costumbres que puedan afectar la sostenibilidad de la intervención.

2.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN

2.2.1 Área de captación

Este componente es una parte esencial de los (SCAPT) sistemas de captación de agua pluvial en techos, ya que conducirá el agua recolectada por el techo directamente hasta el tanque de almacenamiento.

Está conformado por las canaletas que van adosadas en los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo. (Krishna, 2005).

Los materiales empleados en la construcción de techos para la captación de agua de lluvia son la plancha metálica ondulada, tejas de arcilla, paja, etc. En caso de techos planos de losas de concreto, se recomienda conducir el agua hacia un punto donde se capte y canalice la cisterna. (ICCA, 1998).

Cuando llueve existen pérdidas de agua en el techo debido a infiltraciones; por evaporación del agua que humedece la superficie y por salpicaduras debido a fuertes vientos. Estas pérdidas se representan como un coeficiente de escurrimiento y es un número entre 0 y 1.

Cuadro 2.1 Coeficientes de escurrimiento. (Anaya, 2006).

Material de techo	Coeficiente de escurrimiento
Lamina galvanizada	0.9
Lamina de asbesto	0.8 a 0.9
Teja	0.6 a 0.9
Palma	0.2

Cuando el área de captación es la superficie del terreno, se toman en cuenta valores muy bajos, pero si son superficies pavimentadas se considera un valor de 0.6 a 0.7. (Caballero, 2002).

2.2.2 Recolección y Conducción

Generalmente la constituyen las canaletas que van adosadas a los aleros de los techos, en donde el agua se recolecta y conduce por medio de tuberías al tanque de almacenamiento. En el caso de techos planos de losas de concreto,

se recomienda conducir el agua hacia un punto donde se capte y canalice a la cisterna. (MACI, 1998).

El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua. Al efecto se puede emplear materiales, como el Bambú, Madera, Metal o PVC. Las canaletas de metal son las que más duran y menos mantenimiento necesita, sin embargo son costosas. Las canaletas confeccionadas a base de bambú y madera son fáciles de construir pero se deterioran rápidamente. Las canaletas de PVC son más fáciles de obtener, durables y no son muy costosas. (Philips, 2000).

Las canaletas se fijan al techo con a) alambre; b) madera; y c) clavos. Por otra parte, es muy importante que el material utilizado en la unión de los tramos de la canaleta no contamine el agua con compuestos orgánicos o inorgánicos. En el caso de que la canaleta llegue a captar materiales indeseables, tales como hojas, excremento de aves, etc. (Badii, 2007).

El sistema debe tener mallas que retengan estos objetos para evitar que obturen la tubería montante o el dispositivo de descarga de las primeras aguas. (Castro, 1997).



Fig 2.2 Formas de canaletas acordes a edificaciones (Philips, 2000).

Así mismo las dimensiones de las canaletas estarán en función de la medida del techo y de la precipitación, aunque se ha comprobado que para techos de vivienda de aproximadamente 60 m^2 , son suficientes canaletas con sección de medio tubo de 15 cm (6") o de sección cuadrada de 18.9 cm (Fig. 2.2) y de 1 % de pendiente. (Velasco, 1980).

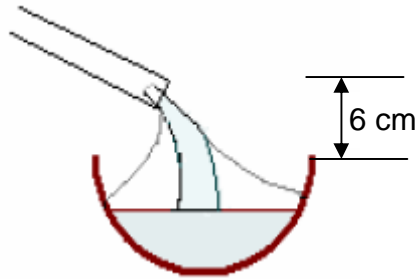


Fig. 2.3 Separación entre el alero del techo y la canaleta. (Caballero, 2002).

Otro detalle que debe tomarse en cuenta, es la separación entre el alero del techo y la canaleta, este debe ser de 3 cm hasta 6 cm como se muestra en la (Fig. 2.3) para evitar que el agua no caiga fuera de ella debido a fuertes vientos.

Para la conducción del agua de la canaleta al tanque, es suficiente para viviendas una tubería de 2"; pero si se quiere saber exactamente el diámetro de tubo que se va utilizar es necesario calcular el gasto y multiplicarlo por dos. (UNATSABAR 2003).

Se puede utilizar tubería de PVC sanitario, porque es mas económico, también se puede utilizar PVC hidráulico, tubería de Fierro Galvanizado, etc. (SAGARPA, 1992).

En el diseño del sistema de captación se debe tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo y que se estima en 1 litro por m^2 de techo. El volumen de agua resultante del lavado del techo debe ser recolectado en un tanque de plástico.

Este tanque debe diseñarse en función del área del techo para lo cual se podrán emplear recipientes de 40, 60, 80 ó 120 litros. (MACI, 1998).

2.2.3 Interceptor

Dispositivo dirigido a captar las primeras aguas de lluvia correspondiente al lavado del área de captación y que puede obtener impurezas de diversos orígenes. (Bagasao, 1990).

Especificaciones

- a) El volumen del interceptor se debe calcular a razón de un litro de agua de lluvia por metro cuadrado del área del techo drenado.
- b) El techo destinado a la captación del agua de lluvia puede tener más de un interceptor. En el caso que el área de captación tenga dos o más interceptores, ellos deberán atender áreas específicas del techo.
- c) Al inicio del tubo de bajada al interceptor deberá existir un ensanchamiento que permita encauzar el agua hacia el interceptor sin que se produzcan reboses, y su ancho inicial debe ser igual al doble del diámetro de la canaleta debiendo tener la reducción a una longitud de dos veces el diámetro.
- d) El diámetro mínimo del tubo de bajada del interceptor no será menor a 75 mm. Por que al caer fuertes lluvias puede haber un exceso de presión y romperse.
- e) La parte superior del interceptor deberá contar con un dispositivo de cierre automático una vez que el tanque de almacenamiento del interceptor se haya llenado con las primeras agua de lluvia.
- f) El fondo del tanque de almacenamiento del interceptor deberá contar con grifo o tapón para el drenaje del agua luego de concluida la lluvia.
- g) El interceptor contará con un dispositivo que debe cerrarse una vez que se hayan evacuado las primeras agua de lluvia. (Anaya, 2006).

2.2.4 Filtración



Fig. 2.4 Componentes de un filtro. (Gordon, 2005).

El filtro se usa para remover contaminantes suspendidos de agua de lluvia coleccionado sobre techo. Una unidad del filtro esta compuesto por sedimentadores, estratos de arena gruesa, grava y carbón activado (Fig. 2.4) que sirven para remover la suciedad antes de que entre en el tanque de almacenamiento. (Gordon, 2005).

En un filtro simple de arena, el estrato sobresaliente comprende arena gruesa seguida por un estrato de milimol del 5-10 cm de grava seguida por otro estrato 5-25 cm de grava y rocas grandes redondas. (Canepa, 2000).

Los filtros utilizados en los sistemas de captación de agua son:

- a) Filtros de lecho profundo.

- b) Filtros de arena.
- c) Filtros de carbón activo.

a) Filtros de lecho profundo

Acá la filtración se realiza a través de capas de cierto espesor de material granulado como arena, grava, etc. Y la retención de sólidos tiene lugar en los espacios y canales interiores de las capas.

<http://www.odis.com>

b) Filtros de arena

Son los elementos más utilizados para filtración de aguas con cargas bajas o medianas de contaminantes, que requieran una retención de partículas de hasta veinte micras de tamaño. Las partículas en suspensión que lleva el agua son retenidas durante su paso a través de un lecho filtrante de arena. La calidad de la filtración depende de varios parámetros, entre otros, la forma del filtro, altura del lecho filtrante, características y granulometría de la masa filtrante, velocidad de filtración, etc.

http://www.sefiltra.com/sefiltra_productos_filtros_arena.htm

c) Filtros de carbón activo

Se utilizan principalmente para eliminación de cloro y compuestos orgánicos en el agua. El sistema de funcionamiento es el mismo que el de los filtros de arena, realizándose la retención de contaminantes al pasar el agua por un lecho filtrante compuesto de carbón activo.

Muy indicados para la filtración de aguas subterráneas. Se fabrican en acero inoxidable, en acero al carbono y en fibra de vidrio. (Sotelo, 2006).

2.2.5 Almacenamiento

Es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para el consumo diario de las personas beneficiadas con este sistema, en especial durante el período de sequía.

<http://www.rainwaterharvesting.org/Urban/Components.htm>

De acuerdo a (UNATSABAR 2004). La unidad de almacenamiento debe ser duradera y al efecto debe cumplir con las especificaciones siguientes:

- a) El volumen del tanque de almacenamiento será determinado a partir de la demanda de agua, de la intensidad de las precipitaciones y del área de captación.
- b) El tanque de almacenamiento podrá ser enterrado, apoyado o elevado y tendrá una altura máxima de 2 m en este último caso, la parte superior del tanque no deberá estar a menos de 0,30 m con respecto al punto más bajo del área de captación.
- c) El tanque de almacenamiento deberá contar con tapa sanitaria de 0,60 m x 0,60 m para facilitar la limpieza o el mantenimiento; un drenaje de fondo para la eliminación del agua de lavado; y un grifo situado a 0,10 m por encima del fondo; además el rebose debe estar situado a 0,10 m por debajo del techo e ingreso del agua de lluvia.
- d) El ingreso del agua de lluvia podrá realizarse por el techo o por las paredes laterales del tanque de almacenamiento y la tubería no deberá ser menor de 75 mm de diámetro.
- e) El interior del tanque de almacenamiento deberá ser impermeable y por ningún motivo el agua debe entrar en contacto con el medio ambiente a fin de garantizar la calidad del agua.
- f) Los tanques de almacenamiento apoyados deben tener alrededor de su base una losa de protección contra la infiltración de 0,20 m de ancho. Asimismo, en la zona donde se ubica el grifo.

- g) Para la extracción del agua debe construirse una losa de 0,50 m x 0,50 m y borde de 0,10 m de alto. Esta losa debe contar con dren para eliminar el agua que pueda almacenarse durante la extracción del agua.
- h) El extremo de la tubería de drenaje y de rebose deben apartarse de la pared del tanque de almacenamiento no menos de un metro y descargar a una canaleta o a un pozo de drenaje, para su disposición final.
- i) El volumen de diseño del tanque de almacenamiento será igual al 110% del volumen neto.

Tanque de Almacenamiento

(CIDECALLI, 2005). Describe los tipos de cisterna y tanques donde se almacena el agua de lluvia captada, que puede utilizarse, previo al tratamiento para uso doméstico durante todo el año.

Los materiales utilizados para la construcción de las cisternas o tanques de almacenamiento pueden ser los siguientes:

Tanques o cisternas de ferrocemento

Estas cisternas son rápidas de construir, igualmente los materiales se consiguen fácilmente para que los mismos usuarios las construyan. Tienen bajo costo, uso reducido de materiales, no se necesita molde, puede ser fabricado por personas de la localidad en poco tiempo, fácil de reparar y es aceptada por la comunidad.

Cisternas de concreto

Las cisternas de concreto se fabrican bajo condiciones controladas, de ahí son trasladadas al sitio de instalación. La capacidad de almacenamiento es de 5 a 35 m³; cuando las dimensiones son mayores se construyen en el sitio seleccionado. Además son las más simples y comunes en las zonas rurales de México y son construidos con arcilla horneada y arena cementada.

Cisternas revestidas con cubierta flotante de geomembrana de PVC, polietileno de alta densidad ó polipropileno reforzado

Dentro de las nuevas tecnologías de productos geosintéticos se encuentran las geomembranas, que son impermeables a fluidos y partículas, evitan filtraciones, fugas y contaminación del agua almacenada. Es de tres a cuatro veces más económica que una cisterna de ferrocemento. Además que tiene una garantía de 10 años y una durabilidad de 25 años.

Cisternas de metal

Es el material más utilizado en la construcción de cisternas y tanques que almacenan agua de lluvia. El acero galvanizado no es resistente a la corrosión, pero es frecuentemente más resistente a la oxidación.

Tanque de polietileno

Son ampliamente utilizados para el almacenamiento de agua ya que estos varían en forma, tamaño y color, pueden ser usados superficialmente o enterrados, son fáciles de transportar e instalar, durables, flexibles, con acabados sanitarios para agua potable. Existen presentaciones de 0.5 m³ a 25 m³ de capacidad.

Cisterna de madera

Las civilizaciones han utilizado estas cisternas, construidas con secoya para almacenar agua para los diversos usos y consumo humano. Actualmente este tipo de cisternas tienen una gran presentación estética, a veces resulta una opción deseable ya que son construidos de pino, cedro y ciprés, envuelto con cables de acero de alta tensión.

2.3 BASES DEL DISEÑO

Localización del sitio para establecer el sistema

Se realiza considerando la recopilación de información general, medio ambiente, identificación de impactos ambientales y programas de mitigación del predio. (Water Suply, 2007).

2.3.1 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.

$$D_i = \frac{Nu * Nd * Dot}{1000}$$

Donde:

Nu.- Número de usuarios que se benefician del sistema.

Nd.- Número de días del mes analizado.

Dot.- Dotación (L/personaxdía).

Di.- Demanda mensual (m³).

(Van, 2001).

2.3.2 Calculo de la disponibilidad de agua

Determinación de la precipitación promedio mensual; a partir de los datos promedio mensuales de precipitación de los últimos 10 a 20 años y 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.

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

Donde:

n.- Número de años evaluados.

Pi.- Valor de precipitación mensual del mes "i", (mm).

Ppi.- Precipitación promedio mensual del mes "i" de todos los años evaluados (mm/mes). (Anaya, 2006).

2.3.3 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 escorrentía, se procede a determinar la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo y por mes.

$$A_i = \frac{Pp_i * Ce * Ac}{1000}$$

Donde:

Ppi.- Precipitación promedio mensual (litros/m³)

Ce.- Coeficiente de escorrentía

Ac.- Área de captación (m³)

Ai.- Oferta de agua en el mes "i" (m³)

(CEPIS, 2004).

2.4 PROCESO DE DISEÑO

2.4.1 Proceso de diseño de Shigley

(Shigley, 1990) propuso el proceso de diseño en el cual considera:

- 1.- Identificación de necesidades. Por lo general se identifica de repente a partir de una circunstancia adversa, o de una serie de circunstancias fortuitas que surgen al mismo tiempo.
- 2.- Definición del problema. Debe abarcar todas las condiciones para el objeto que ha de ser diseñado. Las condiciones o especificaciones son las cantidades de entrada y de salida, las características y dimensiones del espacio que deberá ocupar el objeto, y todas las limitaciones a estas cantidades.
- 3.- Síntesis, Análisis y Optimización. Una vez que se ha definido el problema y obtenido un conjunto de especificaciones implícitas formuladas por escrito, el siguiente paso en el diseño, es la síntesis de una solución optima. Ahora bien, esta síntesis no podrá efectuarse antes de hacer el análisis y la optimización debido a que se analiza el sistema a diseñar, con el fin de determinar si su funcionamiento cumplirá las especificaciones.
- 4.- Evaluación y Presentación. Es la demostración definitiva de que un diseño es acertado y, por lo general, incluye pruebas de un prototipo en el laboratorio. En tal punto es cuando se desea observar si el diseño satisface realmente la necesidad o las necesidades.

2.4.2 Proceso de diseño de Pahl

Un modelo ofrecido por (Pahl et al, 1984); el cual se basa en las siguientes etapas:

- 1.- Clarificación de la tarea. Recabar información sobre los requerimientos, incorporándola a la solución cuando se necesita, igualmente que las restricciones.
- 2.- Diseño conceptual. Son establecidas estructuras funcionales, se busca principios de solución adecuados, y se combinan las variantes de solución.
- 3.- Incorporación al diseño. A partir del concepto el diseñador determina la distribución, formas y desarrollo de un producto o sistema, en concordancia con consideraciones técnicas y económicas.
- 4.- Diseño detallado. Especificaciones de dimensiones y propiedades superficiales de las partes individuales, tipos de materiales, factibilidad técnica, y económica, revisión y elaboración de todos los dibujos y otros documentos de producción.

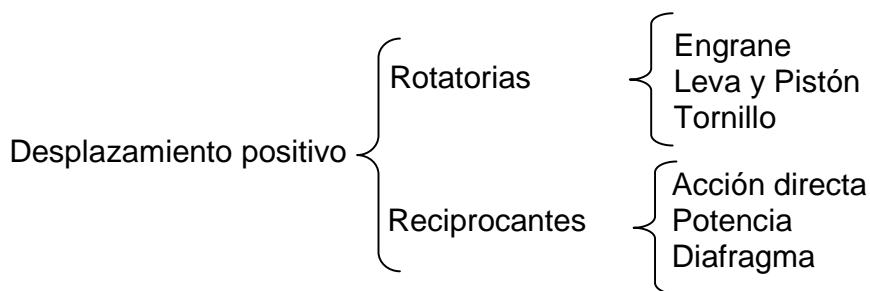
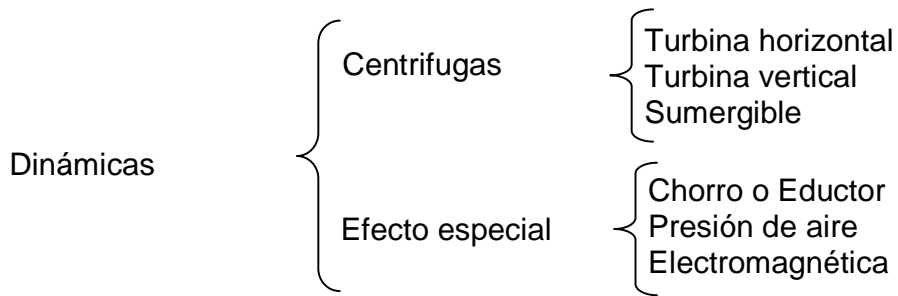
2.5 GENERALIDADES DE LAS BOMBAS

2.5.1 Bombas

Se puede definir a las bombas como un mecanismo transformador de energía, el cual recibe energía mecánica procedente de un motor eléctrico o de combustión interna, transmitiéndola a un líquido para hacerlo fluir de un punto a otro. (Viejo, 1983).

2.5.2 Clasificación de las bombas

Según (Hicks, 1981) las bombas se clasifican en:



Las bombas centrifugas son aquellas en las que la energía es impartida al liquido por acción de la fuerza centrifuga ocasionada por el movimiento a alta velocidad del impulsor. Dentro de la clasificación de bombas centrifugas se encuentra las de turbina vertical, turbina horizontal, y las sumergibles. (AICE, 1952).

2.5.3 Sistema de Cargas

En el campo de las bombas se utiliza el termino carga total, aunque es común encontrarlo referido como columna, altura, elevación e incluso cabeza (este ultimo debido a la traducción literal del termino en ingles Head), se le llama carga total a la suma de energías contra las que una bomba debe operar con el fin de desplazar una determinada cantidad de agua de un punto a otro. (Karassik et al, 1949).

La carga total H para una bomba operando con una succión de levantamiento es:

$$H = h_d + h_s + f_d + f_s + \frac{v^2}{2g}$$

Así mismo la carga total H, para una bomba con carga de succión, se determina mediante:

$$H = h_d - h_s + f_d + f_s + \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

H.- Carga total de bombeo. Representa la carga aportada por la bomba cuando opera a una capacidad requerida.

h_d .- Carga estática de descarga. Es la distancia vertical en metros entre el nivel de referencia y el nivel de líquido en la descargas.

h_s .- Carga estática de succión. Representa la diferencia de elevación entre el nivel de referencia y la superficie del líquido en el lado de succión.

f_d .- Carga de fricción en la descarga. Se define con este término a la carga requerida para vencer la fricción en la tubería, válvulas, ajustes, etc., en el sistema de descarga.

f_s .- Carga de fricción en la succión. Es la carga necesaria para vencer la fricción en la línea de succión.

$V^2/2g$.- Carga de velocidad en la descarga de la bomba. Representa la energía de velocidad que es añadida al líquido por la bomba, y, puesto que esta energía de velocidad es perdida en la ampliación repentina en la

descarga, de la bomba y nunca convertida en energía de presión, debe ser considerada como parte de la carga total. (Sánchez, 1974).

De acuerdo a (FMPD, 1977). Para poder accionar la bomba requiere entregar una cantidad de potencia el cual se denomina potencia de entrada o potencia al freno, y su magnitud se determina por:

$$BHP = \frac{Q * H}{76.1 * Effb}$$

Donde:

BHP.- Caballos de potencia al freno (HP).

Effb.- Eficiencia de la bomba (%/100).

Pero tampoco el motor es 100 % eficiente en el aprovechamiento de la potencia que se le entrega (Corriente eléctrica), por lo que también es necesario considerar esta pérdida para poder determinar así la entrada de potencia eléctrica al sistema, por lo tanto:

$$MPH = \frac{Q * H}{76.1 * Effb * Effm}$$

Donde:

MPH.- Potencia de entrada al motor (HP).

Effb.- Eficiencia de la Bomba (%/100).

Effm.- Eficiencia del motor (%/100).

2.5.4 Bombas alimentadas con energía solar

Las células o celdas solares son dispositivos que convierten energía solar en electricidad, ya sea directamente vía el efecto fotovoltaico, o indirectamente mediante la previa conversión de energía solar a calor o a energía química.

<http://www.textoscientificos.com/energia/celulas>

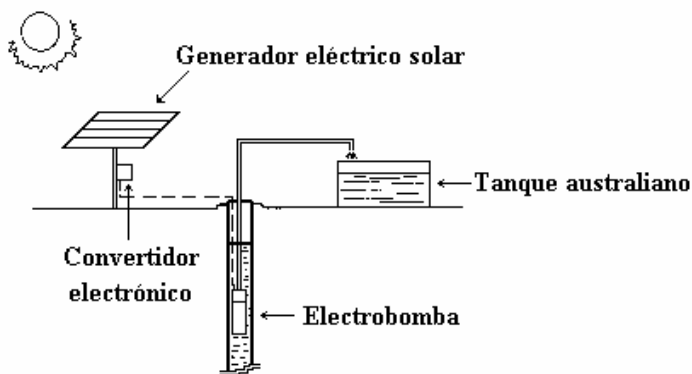


Fig. 2.5 Componentes de un generador eléctrico solar. (Nickisch, 2000).

El sistema de bombeo de agua a través de energía solar es otra posibilidad de manejo de energías alternativas. La fuente de energía que se utiliza es el sol (Fig. 2.5) La luz solar es convertida directamente en energía eléctrica en los módulos fotovoltaicos que integran el generador solar. (Nickisch, 2000).



Fig. 2.6 Inversor de corriente que transforma 12 volts en 220 volts. (Kholer, 1975).

En su equipamiento básico está el panel solar que convierte la energía solar en energía de 12 Volts. A partir de allí hay 2 opciones: usar electrobombas sumergibles que funcionen con 12 Volts (caudales pequeños) o implementar un

inversor de corriente, (Fig. 2.6) que transforme los 12 Volts en 220 Volts para que funcionen las electrobombas convencionales. (Kholer, 1975).

2.6 INVESTIGACIONES SOBRE CAPTACIÓN DE AGUA

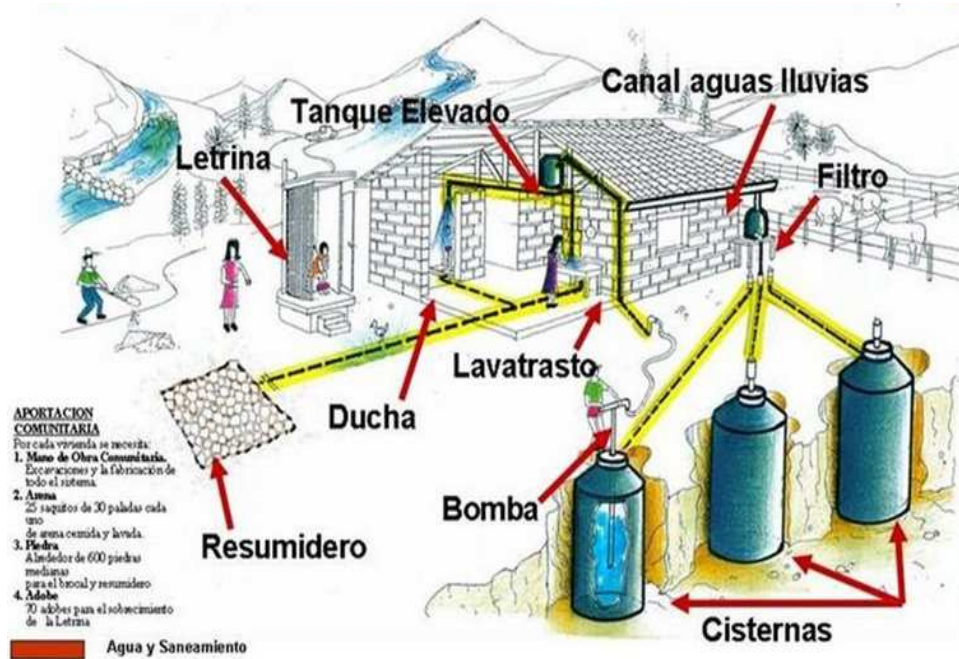


Fig. 2.7 Sistema de Microcaptación Pluvial. (CEASO, 2008).

Se diseñó un sistema de microcaptación pluvial (Fig. 2.7) de gran importancia para suplir la demanda insatisfecha de agua para consumo humano, en las comunidades que no cuentan con suficiente disponibilidad de agua subterránea. (CEASO, 2008).

Los componentes que conforman el sistema de microcaptación (Fig. 2.8) son:

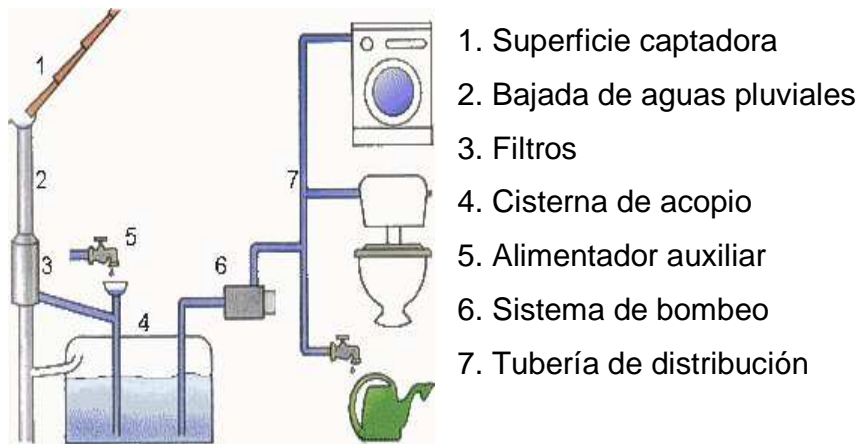


Fig. 2.8 Componentes de un sistema de microcaptación. (CEASO, 2008).

- 1.- Superficie captadora. En este caso lo más común es utilizar lámina galvanizada.
- 2.- Bajada de aguas pluviales. El cual utiliza canales prefabricados de PVC de 6" con longitud promedio de 9 m.
- 3.- Filtros. Se utiliza en la salida del canal fabricado de aluminio o ferrocemento para limpiar las impurezas que pueda arrastrar desde el techo como puede ser hojas, tierra etc.
- 4.- Cisterna o tanque.- su selección depende de los materiales disponibles localmente y las condiciones particulares del lugar.
- 5.- Alimentador auxiliar. Por si existe otro medio para abastecer agua al depósito.
- 6.- Sistema de bombeo. Existen opciones de energía a partir de fuentes alternativas. Bombas solares disponibles en casas comerciales especializadas, también existen bombas manuales de óptimo desempeño. Otra opción interesante son las bombas que funcionan por acción del viento con ayuda de un molino.
- 7.- Tubería de distribución. Se utiliza por lo regular tubería de 2" de diámetro.

Se desarrolló un proyecto en los estados de Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Oaxaca, Tamaulipas y Zacatecas. Donde se aprovechó la infraestructura de las escuelas rurales. La precipitación anual es de aproximadamente de 300 mm anuales y la evaporación es muy alta, y la demanda de agua para consumo humano se satisface principalmente con un 60 % de pipas cisternas que acarrean el agua hasta las comunidades; y la otra forma de abastecimiento es la recolección del agua de lluvia en techos, el cual satisface un 40 % de la demanda.(CONAZA, 2003).



Fig. 2.9 Captación de agua en techos. (COLPOS, 2004).

Se construyeron sistemas de captación (Fig. 9) de agua de lluvia en los estados México, Tabasco, Puebla, Veracruz, donde la precipitación media anual corresponde a 772.7 mm, para una familia de 4 personas con área de almacenamiento de 73 m³ y donde la demanda es satisfecha por la cantidad de lluvia que llueve en estos estados de la república mexicana. De acuerdo al colegio de posgraduados (COLPOS, 2004).

III. MATERIALES Y METODOS

Metodología de diseño

Para el diseño del sistema se utiliza la metodología propuesta por (Pahl et al, 1984); el cual se basa en las siguientes etapas:

3.1 Clarificación de la tarea:

Para tener claro la tarea el sistema de captación de agua de lluvia con fines de abastecimiento se utilizan los datos promedios de precipitación mensual de 10 a 20 años.

Así mismo se toma en cuenta la oferta de agua de lluvia que se determina a partir del promedio mensual de las precipitaciones correspondientes al período de años analizados. Considerando a su vez la demanda de 20 litros por día, que satisface sus necesidades básicas como son preparación de alimentos, higiene personal, lavado de vajillas y de ropa.

Siempre se debe tener presente los factores sociales, representados por los hábitos y costumbres que puedan afectar la sostenibilidad de la intervención. Al efecto se discute las ventajas y desventajas de la manera tradicional de abastecimiento de agua y de la tecnología propuesta, buscando lo que más conviene emplear.

3.2 Diseño conceptual

De acuerdo a los estudios que se citan en la revisión de literatura un sistema de captación de agua está compuesto por:

Sistema de Recolección y Conducción: el cual conduce el agua recolectada por el techo directamente hasta el tanque de almacenamiento. Este está conformado por las canaletas que van adosadas en los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo.

Interceptor y filtro: en el cual se descargan las primeras aguas provenientes del lavado del techo y posteriormente pasa al filtro compuesto de arena, grava y carbón activado el cual elimina los microorganismos que en el agua se encuentren.

Almacenamiento: esto nos sirve para almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para el consumo diario de las personas beneficiadas con este sistema, en especial durante el período de sequía.

3.3 Incorporación al diseño

En base a los datos obtenidos de las precipitaciones mensuales, la demanda de los habitantes y la oferta, se prosigue a calcular el área de techo, la tubería y el tanque de abastecimiento que satisfaga la demanda, considerando la oferta. Para esto se utilizan las siguientes formulas:

Calculo de la precipitación promedio mensual.

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

(Van, 2001).

Calculo de la demanda

$$D_i = \frac{Nu * Nd * Dot}{1000}$$

(Anaya, 2006).

Calculo de la oferta

$$A_i = \frac{Pp_i * Ce * Ac}{1000}$$

(CEPIS, 2004).

Calculo de la bomba

Para esto determinamos la carga total H para una bomba operando con una succión de levantamiento con la formula:

$$H = h_d + h_s + f_d + f_s + \frac{v^2}{2g}$$

(Sánchez, 1974).

Así también se determina la entrada de potencia al motor.

$$MPH = \frac{Q * H}{76.1 * Effb * Effm}$$

(FMPD, 1977).

Diseño detallado

Para la elaboración de esquemas y dibujos nos apoyamos en programas de AUTOCAD, PRO-ENGINEER, VISIO. En el cual se especifica las dimensiones y tipos de materiales.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se realizó una hoja de cálculo en Excel, donde podemos calcular el volumen de la cisterna, con diferentes áreas de captación. El cual se anexa junto con esta investigación.

Para esto se tomó en cuenta el promedio de precipitaciones de 1971 al 2000 de acuerdo al servicio meteorológico nacional. Estos datos lo pudimos consultar en:

<http://smn.cna.gob.mx/productos/normales/estación/normales.html>

Se calculó el abastecimiento de agua con la siguiente fórmula

$$A_i = P_{pi} * C_e * A_c$$

Así mismo se calculó la demanda mensual. Considerando demanda diaria de 20 litros/persona durante los doce meses del año.

$$D_i = \frac{Nu * Nd * Dot}{1000}$$

Como ejemplos se muestran los cálculos de los municipios de Monclova, Coahuila; Cd. Acuña, Coahuila; China, Nuevo León; y Reynosa, Tamaulipas.

Se tomó en cuenta el siguiente criterio de diseño.

Material de techo: Lámina galvanizada

Coeficiente de esorrentía: 0.9

Personas a ser beneficiadas: 5

Cuadro 4.1 Calculo de la demanda mensual.

Mes	ene	feb	Mar	abr	may	jun	jul	agos	sep	oct	nov	Dic
Núm/días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Litros/pers	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Num/ pers	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Demanda total (lts).	3100	2800	3100	3000	3100	3000	3100	3100	3000	3100	3000	3100

MONCLOVA COAHUILA

Cuadro 4.2 Calculo para un área de 50 m²

			ABASTECIMIENTO (Ai)		DEMANDA (Di)		DIFERENCIA
mes	días	Precipitación (mm)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	(m ³)
jul	31	63.6	2.86	2.86	3.10	3.10	-0.24
agos	31	54.5	2.45	5.31	3.10	6.20	-0.89
sep	30	74	3.33	8.64	3.00	9.20	-0.56
oct	31	43.9	1.98	10.62	3.10	12.30	-1.68
nov	30	16.7	0.75	11.37	3.00	15.30	-3.93
dic	31	19.5	0.88	12.25	3.10	18.40	-6.15
ene	31	13.3	0.60	12.85	3.10	21.50	-8.65
feb	28	10.9	0.49	13.34	2.80	24.30	-10.96
mar	31	3.8	0.17	13.51	3.10	27.40	-13.89
abr	30	23.7	1.07	14.58	3.00	30.40	-15.82
may	31	29.9	1.35	15.92	3.10	33.50	-17.58
jun	30	58.4	2.63	18.55	3.00	36.50	-17.95

Cuadro 4.3 Calculo para un área de 100 m²

			ABASTECIMIENTO (Ai)		DEMANDA (Di)		DIFERENCIA
mes	Días	precipitación (mm)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	(m ³)
jul	31	63.6	5.72	5.72	3.10	3.10	2.62
agos	31	54.5	4.91	10.63	3.10	6.20	4.43
sep	30	74	6.66	17.29	3.00	9.20	8.09
oct	31	43.9	3.95	21.24	3.10	12.30	8.94
nov	30	16.7	1.50	22.74	3.00	15.30	7.44
dic	31	19.5	1.76	24.50	3.10	18.40	6.10
ene	31	13.3	1.20	25.70	3.10	21.50	4.20
feb	28	10.9	0.98	26.68	2.80	24.30	2.38
mar	31	3.8	0.34	27.02	3.10	27.40	-0.38
abr	30	23.7	2.13	29.15	3.00	30.40	-1.25
may	31	29.9	2.69	31.84	3.10	33.50	-1.66
jun	30	58.4	5.26	37.10	3.00	36.50	0.60

Cuadro 4.4 Calculo para un área de 110 m²

			ABASTECIMIENTO (Ai)		DEMANDA (Di)		DIFERENCIA
mes	Días	precipitación (mm)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	
jul	31	63.6	6.30	6.30	3.10	3.10	3.20
agos	31	54.5	5.40	11.69	3.10	6.20	5.49
sep	30	74	7.33	19.02	3.00	9.20	9.82
oct	31	43.9	4.35	23.36	3.10	12.30	11.06
nov	30	16.7	1.65	25.02	3.00	15.30	9.72
dic	31	19.5	1.93	26.95	3.10	18.40	8.55
ene	31	13.3	1.32	28.26	3.10	21.50	6.76
feb	28	10.9	1.08	29.34	2.80	24.30	5.04
mar	31	3.8	0.38	29.72	3.10	27.40	2.32
abr	30	23.7	2.35	32.07	3.00	30.40	1.67
may	31	29.9	2.96	35.03	3.10	33.50	1.53
jun	30	58.4	5.78	40.81	3.00	36.50	4.31

Del análisis de los cuadros anteriores se puede deducir que no deben considerarse en la evaluación final el área de techo de 50 m² por que se obtienen valores negativos. Lo que se traduce en que no habría agua para abastecer a los interesados durante ningún mes del año. Mientras que para un área de 100 m² se obtienen valores negativos en los meses de marzo, abril y mayo, solo en estos meses no tendremos agua para satisfacer la demanda. El área idónea que puede atender la demanda debe ser igual o mayor a 110 m². En los cuadros adjuntos, se puede apreciar los cálculos efectuados y que se sintetiza como sigue:

Cuadro 4.5 Diferencia acumulativa

área de techo (m ²)	diferencia acumulativa (m ³)	
	Máximo valor volumen de almacenamiento (m ²)	mínimo valor Volumen de reserva (m ²)
50	-0.24	-17.25
100	8.94	-1.66
110	11.06	1.53

El volumen de almacenamiento neto para un área de techo de 110 m² debe ser de 9.53 m³ (11.06-1.53) para un techo de 110 m². Con reserva de 1.53 m³.

CD. ACUÑA COAHUILA

Como no existen datos de este lugar, se tomaron en cuenta datos de Zaragoza. Que es el municipio más cercano.

Cuadro 4.6 Calculo para un área de 50 m²

			ABASTECIMIENTO (Ai)		DEMANDA (Di)		DIFERENCIA
Mes	Días	Precipitación (mm)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	(m ³)
May	31	70.2	3.16	3.16	3.10	3.10	0.06
Jun	30	57.7	2.60	5.76	3.00	6.10	-0.34
Jul	31	54.3	2.44	8.20	3.10	9.20	-1.00
Agos	31	59.6	2.68	10.88	3.10	12.30	-1.42
Sep	30	62.9	2.83	13.71	3.00	15.30	-1.59
Oct	31	28.2	1.27	14.98	3.10	18.40	-3.42
Nov	30	24.2	1.09	16.07	3.00	21.40	-5.33
Dic	31	18	0.81	16.88	3.10	24.50	-7.62
Ene	31	13.7	0.62	17.50	3.10	27.60	-10.10
Feb	28	30.3	1.36	18.86	2.80	30.40	-11.54
Mar	31	36.5	1.64	20.50	3.10	33.50	-13.00
Abr	30	59.5	2.68	23.18	3.00	36.50	-13.32

Cuadro 4.7 Calculo para un área de 80 m²

			ABASTECIMIENTO (Ai)		DEMANDA (Di)		DIFERENCIA
Mes	Días	Precipitación (mm)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	(m ³)
May	31	70.2	5.05	5.05	3.10	3.10	1.95
Jun	30	57.7	4.15	9.21	3.00	6.10	3.11
Jul	31	54.3	3.91	13.12	3.10	9.20	3.92
Agos	31	59.6	4.29	17.41	3.10	12.30	5.11
Sep	30	62.9	4.53	21.94	3.00	15.30	6.64
Oct	31	28.2	2.03	23.97	3.10	18.40	5.57
Nov	30	24.2	1.74	25.71	3.00	21.40	4.31
Dic	31	18	1.30	27.01	3.10	24.50	2.51
Ene	31	13.7	0.99	27.99	3.10	27.60	0.39
Feb	28	30.3	2.18	30.18	2.80	30.40	-0.22
Mar	31	36.5	2.63	32.80	3.10	33.50	-0.70
Abr	30	59.5	4.28	37.09	3.00	36.50	0.59

Cuadro 4.8 Calculo para un área de 90 m²

			ABASTECIMIENTO (Ai)		DEMANDA (Di)		DIFERENCIA
Mes	Días	Precipitación (mm)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	(m ³)
May	31	70.2	5.69	5.69	3.10	3.10	2.59
Jun	30	57.7	4.67	10.36	3.00	6.10	4.26
Jul	31	54.3	4.40	14.76	3.10	9.20	5.56
Agos	31	59.6	4.83	19.59	3.10	12.30	7.29
Sep	30	62.9	5.09	24.68	3.00	15.30	9.38
Oct	31	28.2	2.28	26.96	3.10	18.40	8.56
Nov	30	24.2	1.96	28.93	3.00	21.40	7.53
Dic	31	18	1.46	30.38	3.10	24.50	5.88
Ene	31	13.7	1.11	31.49	3.10	27.60	3.89
Feb	28	30.3	2.45	33.95	2.80	30.40	3.55
Mar	31	36.5	2.96	36.90	3.10	33.50	3.40
Abr	30	59.5	4.82	41.72	3.00	36.50	5.22

Del análisis de los cuadros anteriores se puede deducir que no deben considerarse en la evaluación final el área de techo de 50 m² por que solo en el mes de mayo se obtiene un valor positivo y muy pequeño. Lo que se traduce en que no habría agua para abastecer a los interesados durante once meses del año. Mientras que para un área de 80 m² se obtienen valores negativos en los meses de febrero y marzo, solo en estos meses no tendremos agua para satisfacer la demanda. El área idónea que puede atender la demanda debe ser igual o mayor a 90 m².

Cuadro 4.9 Diferencia acumulativa

área de techo (m ²)	diferencia acumulativa (m ³)	
	Máximo valor volumen de almacenamiento (m ³)	mínimo valor Volumen de reserva (m ³)
50	0.06	-13.32
80	6.64	-0.70
90	9.38	2.59

El volumen de almacenamiento neto para un área de techo de 90 m² debe ser de 6.79 m³ (9.38-2.59) para un techo de 90 m², con reserva de 2.59 m³.

CHINA, NUEVO LEÓN

Cuadro 4.10 Calculo para un área de 50 m²

			ABASTECIMIENTO (Ai)		DEMANDA (Di)		DIFERENCIA
Mes	Días	Precipitación (mm)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	(m ³)
sep	30	111.9	5.04	5.04	3.00	3.00	2.04
Oct	31	39.9	1.80	6.83	3.10	6.10	0.73
nov	30	16.7	0.75	7.58	3.00	9.10	-1.52
Dic	31	19.8	0.89	8.47	3.10	12.20	-3.73
ene	31	28.9	1.30	9.77	3.10	15.30	-5.53
Feb	28	15.7	0.71	10.48	2.80	18.10	-7.62
mar	31	11.7	0.53	11.01	3.10	21.20	-10.19
abr	30	31.4	1.41	12.42	3.00	24.20	-11.78
may	31	72.1	3.24	15.66	3.10	27.30	-11.64
jun	30	77.5	3.49	19.15	3.00	30.30	-11.15
jul	31	54.2	2.44	21.59	3.10	33.40	-11.81
ago	31	78.6	3.54	25.13	3.10	36.50	-11.37

Cuadro 4.11 Calculo para un área de 80 m²

			ABASTECIMIENTO (Ai)		DEMANDA (Di)		DIFERENCIA
Mes	Días	Precipitación (mm)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	
sep	30	111.9	8.06	8.06	3.00	3.00	5.06
oct	31	39.9	2.87	10.93	3.10	6.10	4.83
nov	30	16.7	1.20	12.13	3.00	9.10	3.03
dic	31	19.8	1.43	13.56	3.10	12.20	1.36
ene	31	28.9	2.08	15.64	3.10	15.30	0.34
feb	28	15.7	1.13	16.77	2.80	18.10	-1.33
mar	31	11.7	0.84	17.61	3.10	21.20	-3.59
abr	30	31.4	2.26	19.87	3.00	24.20	-4.33
may	31	72.1	5.19	25.06	3.10	27.30	-2.24
jun	30	77.5	5.58	30.64	3.00	30.30	0.34
jul	31	54.2	3.90	34.55	3.10	33.40	1.15
ago	31	78.6	5.66	40.20	3.10	36.50	3.70

Cuadro 4.12 Calculo para un área de 100 m²

			ABASTECIMIENTO (Ai)		DEMANDA (Di)		DIFERENCIA
Mes	Días	Precipitación (mm)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	(m ³)
sep	30	111.9	10.07	10.07	3.00	3.00	7.07
oct	31	39.9	3.59	13.66	3.10	6.10	7.56
nov	30	16.7	1.50	15.17	3.00	9.10	6.07
dic	31	19.8	1.78	16.95	3.10	12.20	4.75
ene	31	28.9	2.60	19.55	3.10	15.30	4.25
feb	28	15.7	1.41	20.96	2.80	18.10	2.86
mar	31	11.7	1.05	22.01	3.10	21.20	0.81
abr	30	31.4	2.83	24.84	3.00	24.20	0.64
may	31	72.1	6.49	31.33	3.10	27.30	4.03
jun	30	77.5	6.98	38.30	3.00	30.30	8.00
jul	31	54.2	4.88	43.18	3.10	33.40	9.78
ago	31	78.6	7.07	50.26	3.10	36.50	13.76

Del análisis de los cuadros anteriores se puede deducir que no deben considerarse en la evaluación final el área de techo de 50 m² por que solo en los meses de septiembre y octubre se obtiene valores positivos. Lo que se traduce en que no habría agua para abastecer a los interesados durante diez meses del año. Mientras que para un área de 80 m² se obtienen valores negativos en los meses de febrero, marzo, abril y mayo solo en estos meses no tendremos agua para satisfacer la demanda. El área idónea que puede atender la demanda debe ser igual o mayor a 100 m².

Cuadro 4.13 Diferencia acumulativa

área de techo (m ²)	diferencia acumulativa (m ³)	
	Máximo valor volumen de almacenamiento (m ³)	mínimo valor Volumen de reserva (m ³)
50	2.04	-11.81
80	5.06	-4.33
100	13.76	0.64

El volumen de almacenamiento neto para un área de techo de 90 m² debe ser de 13.12 m³ (13.76-0.64) para un techo de 100 m², con reserva de 0.64 m³.

REYNOSA TAMAULIPAS

Cuadro 4.14 Calculo para un área de 50 m²

			ABASTECIMIENTO (Ai)		DEMANDA (Di)		DIFERENCIA
Mes	días	Precipitación (mm)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	(m ³)
jun	30	99.7	4.49	4.49	3.00	3.00	1.49
jul	31	24.3	1.09	5.58	3.10	6.10	-0.52
ago	31	67.4	3.03	8.61	3.10	9.20	-0.59
sep	30	72.6	3.27	11.88	3.00	12.20	-0.32
oct	31	27.4	1.23	13.11	3.10	15.30	-2.19
nov	30	11.9	0.54	13.65	3.00	18.30	-4.65
dic	31	16.9	0.76	14.41	3.10	21.40	-6.99
ene	31	14.6	0.66	15.07	3.10	24.50	-9.43
feb	28	12.6	0.57	15.63	2.80	27.30	-11.67
mar	31	7.3	0.33	15.96	3.10	30.40	-14.44
abr	30	24.8	1.12	17.08	3.00	33.40	-16.32
may	31	73	3.29	20.36	3.10	36.50	-16.14

Cuadro 4.15 Calculo para un área de 80 m²

			ABASTECIMIENTO (Ai)		DEMANDA (Di)		DIFERENCIA
Mes	Días	Precipitación (mm)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	
jun	30	99.7	7.18	7.18	3.00	3.00	4.18
jul	31	24.3	1.75	8.93	3.10	6.10	2.83
ago	31	67.4	4.85	13.78	3.10	9.20	4.58
sep	30	72.6	5.23	19.01	3.00	12.20	6.81
oct	31	27.4	1.97	20.98	3.10	15.30	5.68
nov	30	11.9	0.86	21.84	3.00	18.30	3.54
dic	31	16.9	1.22	23.05	3.10	21.40	1.65
ene	31	14.6	1.05	24.11	3.10	24.50	-0.39
feb	28	12.6	0.91	25.01	2.80	27.30	-2.29
mar	31	7.3	0.53	25.54	3.10	30.40	-4.86
abr	30	24.8	1.79	27.32	3.00	33.40	-6.08
may	31	73	5.26	32.58	3.10	36.50	-3.92

Cuadro 4.16 Calculo para un área de 100 m²

			ABASTECIMIENTO (Ai)		DEMANDA (Di)		DIFERENCIA
mes	días	precipitación (mm)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	Parcial (m ³)	Acumulado (m ³)	(m ³)
jun	30	99.7	8.97	8.97	3.00	3.00	5.97
jul	31	24.3	2.19	11.16	3.10	6.10	5.06
ago	31	67.4	6.07	17.23	3.10	9.20	8.03
sep	30	72.6	6.53	23.76	3.00	12.20	11.56
oct	31	27.4	2.47	26.23	3.10	15.30	10.93
nov	30	11.9	1.07	27.30	3.00	18.30	9.00
dic	31	16.9	1.52	28.82	3.10	21.40	7.42
ene	31	14.6	1.31	30.13	3.10	24.50	5.63
feb	28	12.6	1.13	31.27	2.80	27.30	3.97
mar	31	7.3	0.66	31.92	3.10	30.40	1.52
abr	30	24.8	2.23	34.16	3.00	33.40	0.75
may	31	73	6.57	40.73	3.10	36.50	4.22

Del análisis de los cuadros anteriores se puede deducir que no deben considerarse en la evaluación final el área de techo de 50 m² por que solo en el mes de junio se obtiene valores positivos. Lo que se traduce en que no habría agua para abastecer a los interesados durante once meses del año. Mientras que para un área de 80 m² se obtienen valores negativos en los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo. En estos meses no tendremos agua para satisfacer la demanda. El área idónea que puede atender la demanda debe ser igual o mayor a 100 m².

Cuadro 4.17 Diferencia acumulativa.

área de techo (m ²)	Diferencia acumulativa (m ³)	
	máximo valor volumen de almacenamiento (m ³)	mínimo valor Volumen de reserva (m ³)
50	1.49	-16.14
80	6.81	-6.08
100	11.56	0.75

El volumen de almacenamiento neto para un área de techo de 100 m² debe ser de 10.81 m³ (11.56-0.75) para un techo de 100 m², con reserva de 0.75 m³.

Con los siguientes datos se realizo el siguiente ejemplo por si se quiere utilizar una motobomba para transportar el agua al tinaco del techo.

Hd= 2 m

Hs= 8 m

Fd= 0

FS=0

Q= 1.3 lps

Effb=75%

Effm=75 %

Se calculó la carga total H.

$$H = h_d + h_s + f_d + f_s + \frac{v^2}{2g}$$

$$H = 8 \text{ m} + 2 \text{ m}$$

$$H = 10 \text{ m}$$

Se calculó la entrada de potencia al motor.

$$MPH = \frac{Q * H}{76.1 * Eff_b * Eff_m}$$

$$MPH = \frac{1.3 * 10}{76.1 * 0.70 * 0.70}$$

$$MPH = 0.35 \text{ HP}$$

Por lo tanto se puede utilizar una bomba comercial de 0.5 HP.

Cuadro 4.18 Calculo del costo para un área de captación de 100 m²

DESCRIPCIÓN	MEDIDA	P/U (S)	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
LAMINA GALVANIZADA	6m * 1m	650.00	17	11050
TUBULAR	6m * 0.076 m	150.00	9	1350
PIJA	UNIDAD	1.00	34	34
TUBO PVC HID.	6"	120.00	3	360
TUBO PVC HID.	2"	35.00	8	280
REDUCTOR BUSHING	6" * 4"	80.00	1	80
REDUCTOR BUSHING	4" * 2"	60.00	1	60
CODO 90"	2"	50.00	3	150
TEE	2"	120.00	1	120
CEMENTO PARA PVC	UNIDAD	110.00	1	110
SILICON	UNIDAD	80.00	1	80
FILTRO	2 m * 1m	3500.00	1	3500
TINACO	12,000 LTS	17250.00	1	17250
MOSQUITERO	UNIDAD	250.00	1	250
MOTOBOMBA 0.5 HP	UNIDAD	1200.00	0	0
TOTAL				34674

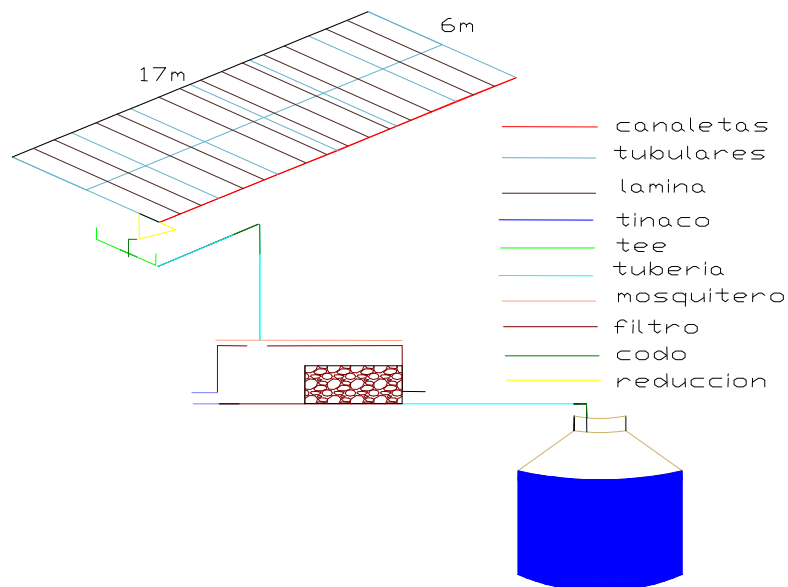


Fig. 4.10 Esquema de un área de 100 m² (16 m * 17 m).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los objetivos y a la hipótesis planteada en esta investigación se concluye lo siguiente:

Fue posible la elaboración del procedimiento para el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia, en el cual de acuerdo a las precipitaciones promedios que se obtienen en estos lugares. Con un área de 50 no se satisface la demanda en estas localidades debido a que nos dan valores positivos solo en uno y dos meses respectivamente. Mientras que con un área de 80 a 100 m² se satisface mas de la mitad de la demanda. Solo en el municipio de Cd. Acuña se satisface la demanda completamente con un área de 90 m². Y con un área de 100 a 110 m² se satisface completamente la demanda en los municipios de Monclava, China y Reynosa.

Así mismo el costo para construir un área de 100 m² es de 34,924. Lo que representa una inversión viable para abastecer a las personas de las comunidades rurales.

Sugiero que para darle un mejor peso al trabajo se desarrolle un programa en C++ o Visual Basic que contenga todas las formulas en forma más detallada y que permita simular la dinámica del volumen captado de agua, ver su consumo y precipitación.

VI. BIBLIOGRAFIA

AIB (2008). Activo Integral de Burgos. Estudio socioeconómico y ambiental de las comunidades rurales en la Cuenca de Burgos en Coahuila. PEMEX. Activo Integral Burgos Tamaulipas.

.A.I.C.E. (1952.). American Institute of Chemical Engineers. PUMP MANUAL New York, U.S.A.. 84 pgs.

Anaya Garduño M. (2006). Sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para comunidades marginadas. 12 pgs.

Badii M.H (2007). El recurso del agua y sustentabilidad, 671 pgs.

Bagasao Teresita (1990). Sistema para recolección de aguas de lluvia. 10 pgs.

Basan Nickisch M. (2007). Manejo de los RECURSOS HIDRICOS en zonas áridas y semiáridas para áreas de secano. PROAGUA. 111 pgs.

Caballero Aquino T. (2002). Captación de Agua de Lluvia y Almacenamiento en Tanques de Ferrocemento, Manual Técnico. Instituto Politécnico Nacional, México. 125 pgs.

Canepa Vargas L. (2000). Filtración. Lima Peru. 7 pgs.

Castro de Esparza M. (1997). Contribuciones al manejo de los recursos hídricos en América Latina, acondicionamiento del agua para bebida. CIRA, Facultad de Ingeniería UAEM, Toluca, México, 83 pgs.

CEASO (2008). Sistema de captación en Honduras. Centro de Enseñanza y Aprendizaje de Agricultura Sostenible. Tegucigalpa. 23 pgs.

CEPIS (2004). Guía de diseño para captación del agua de lluvia. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 15 pgs.

CIDECALLI (2005). Diseño de sistemas para comunidades rurales. Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento de Agua de Lluvia. México. 12 pgs

COLPOS (2004). "Capacitación en aprovechamiento de agua". Colegio de Posgrados. México. 32 pgs.

CONAZA(2003)."Transferencia de tecnología sobre sistemas de captación de agua de lluvia en techos de Escuelas Rurales" Saltillo, Mexico. 4 pgs.

Fairbanks Morse Pump Division. (1977). HIDRAULIC HANDBOOK. Colt industries. Kansas City, U.S.A. 248 pgs.

FAO (1991). Agua potable para pequeñas comunidades rurales a través de un sistema de colección y almacenamiento de lluvia y planta potabilizadora. Argentina, 123 pgs.

Femke Love O. (2008). Practicas antiguas. Técnicas nuevas: el aprovechamiento del agua de lluvia y el desarrollo rural en México mayo 2008, 8 pgs..

Fernández Alicia C. Portier Cecilia (2004). Evaluación de la condición del agua para consumo humano en Latinoamérica. Centro de Estudios Transdisciplinarios Del Agua. Universidad de Buenos Aires Argentina. 16 pgs.

Garrido Hoyos S, Aviles Flores M. (2006). Potabilización de agua de lluvia rodado por medio de filtración en múltiples etapas modificada. Instituto Mexicano del Agua, Juitepec, México. 12 pgs.

Gordon Rebeck G. (2005). Conceptos modernos en filtración de agua. Agencia Federal de Protección Ambiental. Cincinnati, Ohio, EE.UU. 382 pgs.

Hicks, Tyler G. (1981). BOMBAS, su selección y aplicación. 83 pgs.

Hieronimi H. Introducción a la permacultura, Michoacán 2007. 5ª Edición. 19 pgs.

<http://www.odis.com>

<http://www.rainwaterharvesting.org/Urban/Components.htm>

http://www.sefiltra.com/sefiltra_productos_filtros_arena.htm

<http://www.textoscientificos.com/energia/celulas>

ICCA (1998). Sistemas de captación de agua de lluvia para uso domestico en America Latina y el Caribe. Manual Técnico. Instituto para la Cooperación en la Captación de Agua. Publicación de la Agencia de Cooperación Técnica, México. 180 pgs.

Jeannigs Richard (2002). Water harvesting in semiarid regions, Earthwrights Desing Technology and Nature, Santa Fe, Nuevo Mexico, USA, 45 pgs.

Jimenez Merino Francisco (2006). Problemas de agua en el mundo. Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia. Foro mundial de agua. 13 pgs.

Karassick, Igor J., Carter, R.. (1949). PUMP QUESTIONS AND ANSWERS. McGraw-Hill Book Co.. New York, U.S.A. 346 pgs.

Kholer M.A (1975). Hidrologia para Ingenieros 2ª Edición. Editorial Mc graw-Hill Latinoamericana, 250 pgs.

Krishna Har J. (2005). The Texas Manual on Rainwater Harvesting. Third Edition. Austin Texas. 25 pgs.

MACI (1998). Guide for the design construction and repair of ferrocement. Manual American Concrete Institute. Detroit, Michigan, USA. 125 pgs.

Medina Velasco H. (1987). Cosecha de agua de lluvia en regiones áridas, Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Chaco. FAO Argentina. 94 pgs.

Nickish Bate J. (2000). Energia solar como alternativa. Universidad de Austin Texas. 110 pgs.

Palh, G. y Beitz, W. (1984). Konstruktionslehre, Zweite Auflage. Springer-Verlang; Heidelberg; New York; Tokio; 1986.

PESA (2007). Sistema de captación y almacenamiento de agua en el hogar. Programa Especial Para la Seguridad Agroalimentaria, México.

Philips H. (2000). Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. 21 pgs.

SAGARPA (1992). Trampa de captación de agua de lluvia para abrevadero. 11pgs.

Sánchez (1974). Proyecto de Plantas de Bombeo Modelo México 7. S.R.H México. 206 pgs.

SARCH-CP. Captación de *in situ* del agua de lluvia para la agricultura de temporal. Chapingo México. 17 pgs.

Shigley (1990), procesos de diseño. Sistemas de Ingeniería del Diseño, Manchester, Inglaterra. 12 pgs.

Sotelo J.L (2006). Eliminación de compuestos organollorados para potabilización de aguas mediante un proceso de Adsorción-Regeneración en carbón activado. Madrid España. 258 pgs.

Torres Bedoya Mario (2008). Sistemas de Captación Almacenamiento y Tratamiento de agua de lluvia en puestos destacados de la Infantería Marina. 23 pgs.

UNABTASAR (2003). Especificaciones técnicas, captación de agua de lluvia para consumo humano. Lima (2003). 8 pgs.

UNABTASAR (2004). Especificaciones técnicas, captación de agua de lluvia para consumo humano. Lima 8 pgs.

Van Venhuizen R.(2001). Manual de captación de agua de lluvia, Oficial Profesional Asociación en Grupo, FAO. 5 pgs.

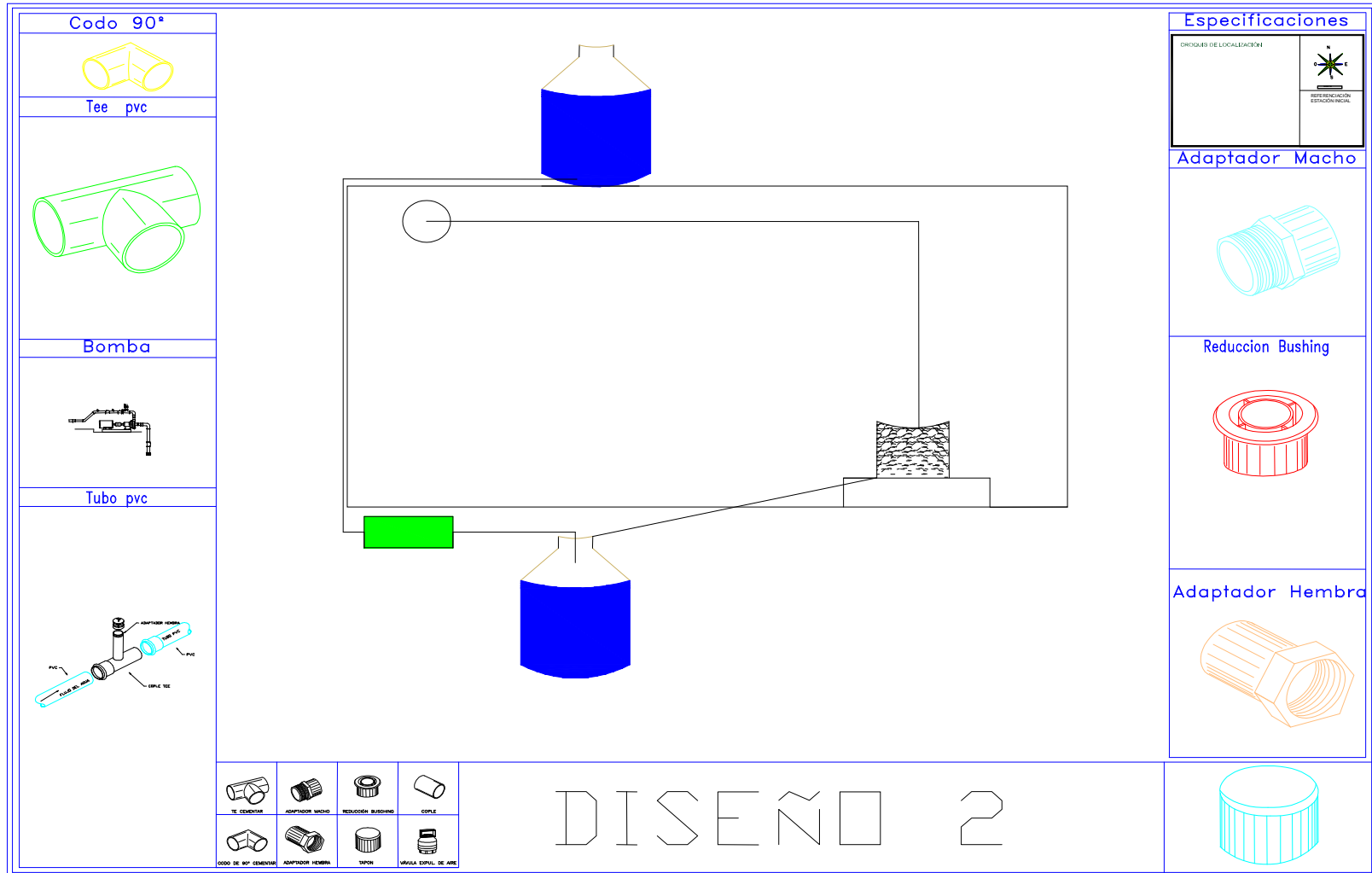
Velasco Molina H. (1987). Cosecha de agua de lluvia en regiones áridas, campo 006, Ministro de Agricultura y Ganadería de la provincia del Chaco FAO Argentina. 34 pgs.

Viejo Zubicaray Manuel. (1983). BOMBAS, TEORÍA, DISEÑO Y APLICACIONES. Ed. Limusa. Mexico. 290 pgs.

Water Suply Division. Rainwater Harvesting: Guidance For Water Sistem. Texas 10 pgs.

VII. ANEXOS

Anexo 2: captación de agua de lluvia en techos de concreto utilizando bomba.



Anexo 3. Captación de agua de lluvia utilizando celdas solares

