

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**APROVECHAMIENTO Y CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS COMO
ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA ALDEA AGUA
DULCE, DISTRITO CENTRAL**

POR:

ESPERANZA YISELL IZAGUIRRE GONZALEZ

**TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
LICENCIADA EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE**



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS C.A

DICIEMBRE, 2011

**APROVECHAMIENTO Y CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS COMO
ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA ALDEA AGUA
DULCE, DISTRITO CENTRAL**

POR:

ESPERANZA YISELL IZAGUIRRE GONZALEZ

**RAMÓN LEÓN CANACA CALDERÓN, M.Sc
ASESOR PRINCIPAL**

**TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
LICENCIADA EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE**

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS C.A

DICIEMBRE DE 2011

ACTA DE GRADUACIÓN

DEDICATORIA

Al divino creador del universo **DIOS TODOPODEROSO** por haberme permitido culminar mis estudios, por darme la oportunidad, fuerza, y sabiduría para alcanzar mis metas.

A mi madre **ESPERANZA CARIDAD IZAGUIRRE GONZÁLEZ**, por su apoyo incondicional, por su amor, por sus oraciones, por inculcarme los valores de Honestidad, Sinceridad, Humildad y responsabilidad, y estar conmigo siempre en los momentos de tristezas y alegrías. Y a mi padre **ANIBAL DORMES**, por su amor y por su confianza.

A mis hermanos (as) **DELMER, KEIRA, EINNER, DANIELA Y EDWIN**, por estar conmigo apoyándome siempre e inspirándome para seguir adelante.

A mi hijo **DARIEL**, especialmente por ser la luz que me ilumina mi vida y la felicidad que me da cada día.

A mis sobrinos **ASAEL, YADHER Y DAYANA**, por formar parte de mi vida y con sus encantos participar en mis aspiraciones.

A mis abuelos **JOSÉ IZAGUIRRE Y LAURA GONZÁLEZ**, por su cariño y por sus deseos hacia mí.

A mis tíos **FREDDY, IRMA, ANGELICA, MARCIO, RAÚL, CENIA Y JUAN CARLOS**, por su cariño y buenos deseos hacia mi persona.

A mis primos **KESLY, BESSY, ARMANDO, NOHELIA, YOSSELIN, BANESSA, YEIMI Y LEXEL Y SOFÍA** que también colaboraron conmigo en este proceso, en general a toda mi familia porque de una u otra forma han participado para llegar al final de esta meta.

AGRADECIMIENTO

A DIOS TODOPODEROSO por guiarme por el camino correcto y darme la sabiduría, entendimiento y fortaleza, para terminar con éxito mi carrera.

A mis padres porque me dieron la oportunidad de formarme como profesional.

A toda mi familia especialmente a mis abuelos, tías, tíos, primas y primos que me han ayudado con sus valiosos consejos que me han servido mucho, durante esta trayectoria.

A mi gran amiga que es como una hermana **MELIZA PEÑA**, por su cariño, porque siempre estuvo conmigo apoyándome y compartiendo los momentos de alegría y tristeza.

A mis compañeros Miguel Valle, Guillermo López, Grecia Navarro, Nery Gómez, Carlos Jiménez, Alejandra Jiménez, Edissa Valdez, Sheyla Velásquez, Ana Pineda y Alex Vargas, por su apoyo y cariño.

Al INSTITUTO NACIONAL DE LA MUJER (INAM) por haberme brindado su apoyo en el momento que lo necesite, especialmente a la Lic. Harlem Rodríguez.

A todos mis maestros de la **CARRERA DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE** por haberme brindado sus conocimientos.

A mi asesor principal en la Universidad Nacional de Agricultura **M.Sc Ramón León Canaca**, por orientarme en la realización de mi trabajo con sus conocimientos y experiencias de su vida profesional, así mismo mis secundarios **M.Sc Wilmer Reyes, M.Sc René Cáceres**.

A la **DEL CAMPO INTERNATIONAL SCHOOL**, por permitirme realizar mi trabajo de investigación, al igual la colaboración que recibí durante la ejecución de la misma por: el Ing. Ángel Soto y M.Ed. Omar Mungía.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA, por darme la oportunidad de formarme como profesional en tan prestigiada institución, acogerme como mi segundo hogar donde fomentaron en mí nuevos valores, conocí buenos amigos y también me ayudó en mi vida como persona.

CONTENIDO

	Página
ACTA DE GRADUACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general:	3
2.2 Objetivos específicos:	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. Distribución del agua en La Tierra	4
3.1.1 Agua en América Latina.....	5
3.1.2 Disponibilidad de agua en Honduras	5
3.2 Producción más limpia.....	7
3.3 Aguas lluvias	8
3.4 Captación de agua lluvia	9
3.4.1 Requisitos Previos de sistemas de captación	9
3.4.2 Ventajas	9
3.4.3 Desventajas	10
3.5 Factibilidad de sistemas de captación.....	10
3.5.1 Factor técnico.....	10
3.5.2 Factor económico	10
3.5.3 Factor social.....	11
3.6 Componentes.....	11
3.6.1 Área de captación.....	11

3.6.2 Recolección y conducción	12
3.6.3 Interceptor o sedimentador	12
3.6.4 Almacenamiento	12
IV. MATERIALES Y MÉTODO	13
4.1 Descripción del área de estudio	13
4.2 Materiales y equipo	13
4.3 Método	13
4.3.1 Análisis de precipitación	13
4.3.2 Medición de área de captación de edificios	14
4.3.3 Diseño del sistema de captación de agua lluvia	14
4.3.3.1 Determinación de la demanda de agua	14
4.3.3.2 Cálculo de la disponibilidad de agua	15
4.3.3.3 Cálculo de la precipitación neta con coeficiente de captación	15
4.3.3.4 Diseño del sistema de conducción del agua captada	16
4.3.3.5 Canales para colección y conducción	17
4.3.3.6 Diseño del volumen del sedimentador o trampa de sólidos	18
4.3.3.7 Volumen del sistema de almacenamiento del agua de lluvia captada	18
4.3.4 Análisis de aguas lluvias	18
4.3.4.1 Análisis Microbiológico	19
4.3.4.2 Análisis de elementos para agua potable	19
4.3.4.3 Análisis fisicoquímico	19
4.3.5 Determinación de la emisión de CO ₂ de vehículo abastecedor	20
4.3.6 Determinación de la emisión de CO ₂ por electricidad	21
V. RESULTADOS Y DISCUSION	22
5.1 Análisis de la precipitación	22
5.2 Área de captación de edificios	23
5.3 Diseño del sistema de captación de agua lluvia	24
5.3.1 Demanda mensual:	24
5.3.2 Demanda anual:	25
5.3.3 Calculo de la precipitación Neta con coeficiente de captación	25

5.3.4	Diseño del sistema de conducción del agua captada.....	26
5.3.5	Diseño del diámetro de tubería	27
5.3.6	Diseño del volumen del sedimentador	28
5.3.7	Volumen del sistema de almacenamiento del agua de lluvia captada	28
5.4	Análisis de las muestras de agua lluvia en Laboratorio.....	28
5.4.1	Análisis fisicoquímicos:	28
5.4.2	Análisis de elementos:.....	29
5.4.3	Análisis microbiológico:	30
5.5	Determinación de la emisión de CO ₂ por electricidad.....	31
5.6	Determinación de emisión de CO ₂ por vehículo abastecedor.....	31
5.7	Análisis Económico	32
VI.	CONCLUSIONES	33
VII.	RECOMENDACIONES	34
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	35
IX.	ANEXOS	38

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Muestras de agua lluvia en refrigeración de 4°C.....	20
Figura 2 Precipitación promedio mensual para Tegucigalpa, periodo 1996-2010.....	22
Figura 3 Identificación edificios Del Campo International School.....	23

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1 Coeficiente de Escorrentía (Ce) de diferente material de área de captación	16
Cuadro 2 Área de captación de edificios	24
Cuadro 3 Precipitación pluvial neta media (Periodo 1996-2010), en mm.....	26

LISTA DE ANEXOS

	Página
Anexo 1 Resultado de análisis Físicoquímico.....	39
Anexo 2 Resultado de análisis de elementos para agua potable	40
Anexo 3 Resultado de análisis microbiológicos.....	41
Anexo 4 Precipitación en mm año 1996-2010	42
Anexo 5 Medición de edificios	43
Anexo 6 Diferentes tipos de techo de los edificios	43
Anexo 7 Edificio Vera y el terreno donde posiblemente se construirá la cisterna	44
Anexo 8 Área de captación efectiva de cada edificio.....	44
Anexo 9 Probabilidad de ocurrencia en la ciudad de Tegucigalpa periodo 1996-2010	45
Anexo 10 Costo total sistema de almacenamiento de concreto	46
Anexo 11 Costo total sistema de almacenamiento con Geomembrana de PVC (AMANCO, 2010)	46

Izaguirre G.E.Y. 2010. Aprovechamiento y Captación de Aguas Lluvias como Alternativa de Producción Más Limpia en la Aldea Agua Dulce, Distrito Central. Universidad Nacional de Agricultura. Tesis. Catacamas, Olancho. 60p.

RESUMEN

La investigación se realizó en la Del Campo International School, en la Aldea Agua dulce con el objetivo de determinar el uso de agua subterránea, energía eléctrica y emisión de dióxido de carbono mediante un sistema de captación de agua lluvia.

El trabajo consistió en medir la capacidad de captación de agua lluvia que tienen los edificios de la escuela. Se contó con información sobre precipitación proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional, se colectó agua de lluvia para hacer un análisis microbiológico, de elementos pesados y fisicoquímico para poder recomendarla de acuerdo al uso que se le va a dar, ya que es para uso personal. Para poder determinar cuanta cantidad de CO₂ se emite por lo que es electricidad (uso de bomba para la extracción de agua subterránea) y por el vehículo abastecedor de agua se hizo una recolección de datos por medio de los proveedores de agua, al igual para hacer el gasto de agua al año se recolectaron recibos de compra de agua de un mes. Se tomó la proyección horizontal de los edificios para poder calcular su área, que resulta que los cuatro edificios con que cuenta tienen mucha capacidad para captar agua (18610.55m²). Para determinar las emisiones de CO₂ producidas por electricidad se tomó un valor del CENEAM, lo cual se producen 9162 Kg por Kw- Hora en seis meses. Al igual, para calcular las emisiones producidas por el vehículo abastecedor de agua se utilizó un valor del Fondo Mundial de la Naturaleza, que resulta que se emiten 1417.92 Kg/L en 32 recorridos que hace el vehículo en un mes. Las dimensiones del sistema de captación se hicieron de acuerdo a la demanda mensual por los meses de sequía, que da un volumen de: 4075.11 m³. Para este sistema se evaluaron dos costo; de una cisterna de concreto y de una cisterna revestida de geomembrana de PVC la cual sale más factible la cisterna con geomembrana, que da un costo de Lps. 1,259,110.00 millón. Este sistema es una alternativa que contribuye al medio ambiente ya que con ello se reducirían las emisiones de CO₂ producidas por la electricidad, y por la quema de combustible que se da por el vehículo que abastece de agua; además se reduciría la explotación de los mantos acuíferos.

Palabras Claves: Captación de agua lluvia, emisión de CO₂, medio ambiente.

I. INTRODUCCIÓN

Durante siglos y hace apenas 200 años, la humanidad vivió consumiendo recursos naturales a menor velocidad de lo que la naturaleza los regeneraba; sin embargo, a principios de los años setenta, este consumo rebasó la capacidad regenerativa de la naturaleza, los humanos empezaron a consumir parte del capital natural. Para el año 2000 ya consumían este capital en un 40% más rápido que su capacidad para regenerarse. (Gras 2010).

La naturaleza, a través del mar y los árboles, absorbe 5 billones de toneladas de CO₂, el resto se está quedando en la atmósfera. Este gas, junto con el metano producido por millones de vacas industrializadas, campos de cultivo y los químicos de los refrigeradores, son los directamente responsables entre otras cosas del calentamiento de la atmósfera, el derretimiento de los glaciares, la desertificación de tierras que antes fueron bosques, la desaparición de los arrecifes de coral y por ende millones de especies acuáticas (Gras 2010).

No existen datos en cuanto a la disponibilidad de aguas subterráneas en Honduras; sin embargo, con base a reportes de Aquasat-FAO, CEPAL en 1973 se estimó un caudal renovable de agua subterránea explotable de nueve kilómetros cúbicos al año (USAID, 2005). En la ciudad de Tegucigalpa, los acuíferos son relativamente pequeños y la mayor parte poseen alto contenido de sales minerales, haciendo el agua no satisfactoria para la población por los múltiples inconvenientes que ésta provoca. Existen alrededor de 41 de pozos en la capital (pozos manejados por SANAA), que abastecen principalmente la red en épocas de crisis. Otra cantidad de pozos, 28 aproximadamente, son utilizados para abastecer pequeñas redes a través de Juntas Administradoras de Agua en la zona noroeste (UNAT 2010).

Según un estudio del PNUD, Honduras se encuentra entre los tres países más vulnerables al cambio climático. A raíz de esto, en el mundo se han establecido medidas encaminadas a optimizar el uso del agua y a reducir las emisiones de CO₂ provocadas por el ser humano; siendo una de estas la captación de aguas lluvias. El sistema de captación de agua lluvia (SCALL) es una opción sostenible, ya que simplemente es coleccionar, almacenar y purificar al agua, que luego puede ser utilizada con diferentes fuentes de suministro en proyectos residenciales, comerciales e industriales donde se quiere tener agua pura (UNATSABAR, 2001).

Otra alternativa de acuerdo con el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (PNUMA) es, la Producción Más Limpia (PML), que consiste en la aplicación continua a los procesos, productos, y servicios, de una estrategia integrada y preventiva, con el fin de incrementar la eficiencia en todos los campos, y reducir los riesgos sobre los seres humanos y el medio ambiente. Dicha estrategia conduce al ahorro de materias primas, agua o energía; a la eliminación de materias primas tóxicas y peligrosas; y a la reducción, en la fuente, de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y los desechos durante el proceso de producción (PML, 2004).

En este contexto, el presente estudio se orienta en el aprovechamiento y captación de aguas lluvias para el abastecimiento personal, logrando con esto, una reducción en la extracción de aguas subterráneas, emisiones de CO₂ y uso de energía eléctrica.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

Determinar potencial de la reducción de uso de agua subterránea, energía eléctrica y emisión de dióxido de carbono, a través de la implementación de un sistema de captación de agua de lluvia, como alternativa de producción más limpia.

2.2 Objetivos específicos:

1. Determinar el potencial de captación de agua lluvia, reducción de emisión de dióxido de carbono (CO₂) y del uso de aguas subterráneas en el sitio de estudio.
2. Determinar las dimensiones de los principales componentes de un sistema de captación y almacenamiento de agua lluvia para fines de aseo personal
3. Estimar y contrastar los costos monetarios entre el uso de la captación de aguas lluvias versus el abastecimiento a través de los prestadores de servicio de agua potable.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Distribución del agua en La Tierra

El agua ocupa las tres cuartas partes de La Tierra. El 98% del agua es salada y se encuentra en los mares y océanos. El 2% restante es difícil aprovecharla ya que la mayor parte de ella (69%) está en los glaciares y nieves eternas, 30% es agua subterránea y menos del 1% se encuentra en la superficie (ríos y lagos). A nivel mundial, más de 2,600 millones de personas carecen de saneamiento adecuado, 1,100 millones no tienen la posibilidad de acceder a agua limpia con regularidad, y 1.8 millones de niños mueren cada año a consecuencia de la disentería (IMDH/PNUD, 2006).

La falta de acceso al agua y saneamiento adecuado cobra 5,000 vidas al día, lo que significa que esta limitación provoca más muertes que una guerra. La crisis del agua tiene repercusiones directas en diferentes sectores de importancia en el desarrollo económico de los países. Por ejemplo, el sector agrícola es el principal usuario del agua, y para millones de agricultores el acceso a los recursos hídricos es limitado. Con factores como la continua disminución del caudal de los ríos y la reducción del volumen de los lagos a nivel mundial, se incrementa la competencia por el agua para riego entre pequeños y grandes agricultores así como por parte del sector industrial (IMDH/ PNUD, 2006).

3.1.1 Agua en América Latina

Solo 24% de la población urbana de América Latina y el Caribe dispone de algún tipo de sistema de vigilancia y control de la calidad de agua. En Honduras, Nicaragua, Haití, Guyana y Bolivia, más del 50% de la población sólo tiene acceso a agua potable. El hecho que más de un tercio de las defunciones de menores de cinco años en América Latina y el Caribe se deba a enfermedades contagiosas, destaca la importante contribución potencial del abastecimiento de agua salubre y fiable a la reducción de la mortalidad infantil (OMS, 2004).

3.1.2 Disponibilidad de agua en Honduras

En Honduras, país con las más grandes reservas hídricas de la región centroamericana, alrededor de un millón y medio de personas no disponen de un sistema de abastecimiento de agua, según estudios del Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, 2002). El mismo informe revela que el consumo y manejo de agua en condiciones no potables y la disposición inadecuada de excretas y aguas residuales es una de las principales causas que contribuyen a enfermedades y a una alta mortalidad infantil en esta pobre nación.

Durante el año 2005, 18.1% de la población hondureña no tuvo acceso a agua potable lo cual equivale a casi 1.300.000 personas, precisaron expertos nacionales en la presentación del informe Mundial sobre Desarrollo Humano (IMDH, 2006). Para el año 2007, según Informe Nacional sobre los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), el 13% de la población en Honduras, es decir 1.5 millones de personas, no tienen acceso a agua potable y solo un 10% de quienes cuentan con este servicio, lo reciben en forma continua. Por tal razón, el agua potable y el saneamiento ambiental constituyen una prioridad ya que influye en el mejoramiento del nivel y la calidad de vida de las poblaciones, exponen en el documento "Análisis de Situación Agua y Saneamiento". Los datos del Instituto Nacional

de Estadísticas (INE) confirman que del total de 200,328 viviendas que existen en el Distrito Central solo 167,875 reciben agua del servicio público. (INE, 2007).

En la actualidad el SANAA capta unos 70 millones de m³ (31%) del agua producida en las subcuencas abastecedoras y la almacena (48 millones de m³) en 4 subsistemas principales agua denominados Los Laureles y La Concepción, un subsistema de captación de fuentes superficiales y un acueducto que capta y conduce las aguas de los ríos Sabacuante y Tatumbla (Reyes de Nasser patricia, 2002). El sistema de agua de Tegucigalpa se compone de 500 barrios y colonias, que albergan una población de 1.1 millones de habitantes; de los cuales, se da abastecimiento formal a 64%, el resto de la población se abastece por medio de camiones cisterna y pozos particulares

La ubicuidad de las aguas subterráneas y las reservas almacenadas de forma natural en los acuíferos pueden suponer, en muchos casos, importantes ahorros en infraestructuras de transporte y regulación, con las consiguientes economías, no sólo en términos estrictamente presupuestarios, sino ambientales al evitarse el desfavorable impacto asociado a dichas obras. El resultado es que en amplios sectores de la sociedad predomina la impresión de que las aguas subterráneas son un recurso muy frágil. “Todo pozo termina por secarse o salinizarse” es uno de los falsos paradigmas mundialmente difundidos (Custodio, 2002).

El problema de agua en Tegucigalpa, alcanza niveles más dramáticos si se va mas allá del acceso al agua, los recursos hídricos disponibles sufren deterioro por el crecimiento urbano no planificado. Existen alrededor de 41 de pozos en la capital (pozos manejados por SANAA), que abastecen principalmente la red en épocas de crisis. Sus principales ubicaciones son: col. Satélite, col. 21 de Octubre, col. La Travesía, zona de Miraflores y zona de El Chimbo. Otra cantidad de pozos, 28 aproximadamente, son utilizados para abastecer pequeñas redes a través de Juntas Administradoras de Agua en la zona noroeste (UNAT 2010).

Como se menciono anteriormente, 36% de la población se abastece de agua potable a través de carros cisterna y pozos particulares, trayendo como consecuencia una inequidad en el sistema de suministro, costo y capacidad de almacenamiento del vital líquido. Aunado a esto, se incrementa la emisión de CO₂ a la atmósfera debido al uso de bombas sumergibles para extracción así como a rutas establecidas por los carros cisterna para la distribución.

3.2 Producción más limpia

La Producción Más Limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integrada, a los procesos productivos, a los productos y a los servicios para incrementar la eficiencia y reducir riesgos para los seres humanos y el ambiente.

La Producción Más Limpia (PML) lleva al ahorro de costos y a mejorar la eficiencia de las operaciones, habilita a las organizaciones y a las empresas para alcanzar sus metas económicas mientras simultáneamente mejoran el ambiente (CPTS, 2009). El agua de lluvia constituye una importante fuente de suministro de agua de buena calidad y con un menor costo que el resto de otras fuentes.

El uso de agua lluvia puede generar beneficios importantes tales como:

- ✚ Menores costos para las plantas que pagan un precio elevado por el agua comprada a una proveedora local.
- ✚ Menores costos de tratamiento de agua para las plantas que emplean agua de lluvia en aplicaciones que requieren agua blanda des ionizada.

La reducción en el consumo de agua, proveniente de la optimización de su uso, permite manejar menores volúmenes tanto en las descargas, como en el tratamiento, si éste fuera necesario, por lo que, además del ahorro en los costos de suministro de agua, genera:

- Una reducción en los costos de tratamiento y en la disposición de los efluentes
- Un ahorro en el consumo de energía (como consecuencia de la reducción del consumo de energía eléctrica, si es que se bombea el agua).

- Un ahorro por la optimización en el uso de reactivos químicos.

La eficiencia energética se define como la habilidad de lograr objetivos de producción, empleando la menor cantidad de energía posible. Una mayor eficiencia en el uso de los recursos energéticos, además de reducir costos de producción, contribuye a disminuir los niveles de contaminación ambiental desde la fuente primaria de energía hasta el punto final de consumo. En este sentido, un programa de eficiencia energética permite mitigar el impacto negativo sobre el medio ambiente y obtener beneficios económicos para la empresa (CPTS, 2009).

Según el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF 2010), el CO₂ es uno de los gases que se producen al quemar combustible, y uno de los principales gases de efecto invernadero. La emisión de este gas por un vehículo tiene relación con el consumo de combustible: los motores de gasolina emiten 2.3 kg de CO₂ por cada litro de gasolina quemado y los motores diesel 2.6 kg de CO₂ por cada litro de diesel quemado. Un coche en marcha emitirá una cantidad de CO₂ proporcional por cada kilómetro que recorra quemando combustible. Normalmente se mide en gramos por kilómetro.

3.3 Aguas lluvias

El agua de lluvia es un agua limpia, con bajo contenido de sales, de bajo costo y no contaminada que se puede captar y almacenar con facilidad sin depender de la red municipal. A pesar que no se dispone de lluvia en todo momento, de que el agua captada se puede contaminar con polvos, excretas de aves y otros animales, así como por materia orgánica (hojas y árboles), y que las cisternas o tanques de almacenamiento son un poco costosas, hay que tener en cuenta que estos inconvenientes puedan ser fácilmente resueltos con un buen diseño de aprovechamiento de agua de lluvia, que la conserve potable durante un tiempo que sea necesario (Gras 2010).

3.4 Captación de agua lluvia

Para afrontar la problemática del agua a nivel mundial y nacional, una de las alternativas es la captación de aguas lluvias. Los Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia (SCALL) para uso doméstico y consumo humano a nivel familiar y comunitario representan una solución para abastecer en cantidad y calidad a las numerosas poblaciones rurales y urbanas que sufren la carencia de este vital líquido (Garduño, *et al* 1998).

La precipitación representa un valioso recurso natural que se debe aprovechar, es una de las opciones más reales para proporcionar agua a aquellos que no cuentan con este recurso. Es posible establecer sistemas de captación de agua de lluvia para consumo humano a nivel de familia y a nivel de comunidad (Phillips, *et al* 2008).

3.4.1 Requisitos Previos de sistemas de captación

Según UNATSABAR el sistema de captación debe cumplir los siguientes requisitos:

- El diseño del sistema de captación de aguas lluvias con fines de abastecimiento de agua debe estar basado en datos de precipitación mensual de por lo menos diez (10) años.
- La oferta de aguas lluvias se debe determinar a partir del promedio mensual de las precipitaciones correspondientes al período de años analizados.

3.4.2 Ventajas

La captación de aguas lluvias para consumo humano tiene las siguientes ventajas:

- ❖ Alta calidad química del agua de lluvia, con bajos contenidos de sodio.
- ❖ Evita los recorridos por transportes.
- ❖ Es libre de costos por su acceso, la única inversión es el material utilizado para la recolección, almacenamiento y tratamiento para sus usos.
- ❖ Disponibilidad aún cuando no haya electricidad.

- ❖ Disponibilidad aún cuando haya tormentas y desastres.
- ❖ Ideal para personas con una dieta baja en sodio o que se preocupan por su salud (sistema inmune débil) (UNATSABAR, 2001).

3.4.3 Desventajas

- ❖ Alto costo inicial que puede impedir su implementación por parte de las comunidades de bajos recursos.
- ❖ La cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar y del área de captación (UNATSABAR, 2001).

3.5 Factibilidad de sistemas de captación

Según UNATSABAR, para el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia es necesario considerar los siguientes factores:

3.5.1 Factor técnico

- 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 necesario contar con datos suministrados por la autoridad competente del país o de la región donde se pretende ejecutar el proyecto.
- Demanda de agua;** La demanda depende de las necesidades del interesado y los usos que quiere darle al agua (UNATSABAR 2001).

3.5.2 Factor económico

Existe una relación directa entre la inversión requerida para implementar el sistema y el área de captación y el volumen de almacenamiento, resultando muchas veces una

restricción para la mayor parte de los interesados. En la evaluación económica es necesario tener presente que en ningún caso la dotación de agua debe ser menor a 20 litros de agua por familia y por día, la misma que permite satisfacer sus necesidades básicas elementales. Los costos del sistema propuesto deben ser comparados con los costos de otras alternativas destinadas al mejoramiento del abastecimiento de agua (UNATSABAR 2001).

3.5.3 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. Los análisis deben considerar la conveniencia de adoptar soluciones individuales y colectivas, el tipo de material empleado en la fabricación de sus techos, la existencia de materiales alternativos en el lugar o sus alrededores y el grado de participación de la comunidad en la implementación del proyecto.

3.6 Componentes

De acuerdo a la UNATSABAR el sistema de captación de aguas lluvias en techos está compuesto de los siguientes elementos:

3.6.1 Área de captación

La captación está conformada por el techo de la edificación, el mismo que debe tener la superficie y pendiente adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección. En el cálculo se debe considerar solamente la proyección horizontal del techo.

3.6.2 Recolección y conducción

Este componente es una parte esencial del Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos (SCAPT) ya que conducirá el agua recolectada por el techo directamente hasta el tanque de almacenamiento. Está conformado por los canales recolectores que van adosadas en los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo.

3.6.3 Interceptor o sedimentador

Conocido también como dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado del techo y que contiene todos los materiales que en él se encuentren en el momento del inicio de la lluvia. Este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada y de la que vaya a almacenarse posteriormente.

3.6.4 Almacenamiento

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

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Descripción del área de estudio

El presente trabajo se realizó en Del Campo International School, localizada en la aldea Agua Dulce, prolongación colonia Las Hadas, a 7 Km de la ciudad de Tegucigalpa. Las coordenadas geográficas son 14°02'50" latitud norte y 87°14'20" longitud oeste, con una elevación promedio de 1060 msnm, precipitación media anual de 887.9 mm y temperatura media de 22.2 °C. (Servicio Meteorológico Nacional, estación 78720).

4.2 Materiales y equipo

Se utilizó computadora, calculadora, tablero, libreta, lápiz, cinta métrica, cubetas, recipiente plástico de 4 litros y otro de 1 litro, bolsas de polietileno, bolsa plástica de 1 Kg.

4.3 Método

4.3.1 Análisis de precipitación

Para el análisis de la lluvia se contó con datos de la estación meteorológica 78720 proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional de Honduras. La base de datos consta con un registro de 15 años (periodo 1996-2010) ver en el anexo 4, los cuales se procesaron en una hoja de Excel y se determinaron características como: precipitación media mensual, probabilidad de ocurrencia y periodo de retorno, parámetros de importancia para el diseño del sistema de captación de agua lluvia.

4.3.2 Medición de área de captación de edificios

Se utilizó una cinta métrica de 30 metros para determinar el área efectiva de captación (techo). Para fines prácticos, se toma en cuenta la proyección horizontal del techo para posteriormente, a través de fórmulas encontrar el área de interés para el diseño de estos sistemas. La fórmula empleada para esta actividad fue la siguiente:

$$A_{ec} = L \times A = m^2$$

Dónde:

A_{ec} = Área efectiva de captación (en m^2)

L = Largo del edificio (en m).

A = Ancho del edificio (en m)

4.3.3 Diseño del sistema de captación de agua lluvia

4.3.3.1 Determinación de la demanda de agua

La demanda o dotación por persona, es la cantidad de agua que necesita una persona diariamente para cumplir con las funciones físicas y biológicas de su cuerpo. La expresión matemática para calcular la demanda de agua es la siguiente:

$$D_j = \frac{Nu * Dot * Nd_j}{1000}$$

$$D_{anual} = \sum_{j=1}^{12} D_j$$

$$j = \text{No. del mes}, j = 1, \dots, 12$$

Dónde:

D_j = demanda de agua en el mes j, m^3 /mes/población

Nu = número de beneficiarios del sistema

Dot = dotación, en l/persona/ día

Nd_j = número de días del mes j

D_{anual} = demanda de agua para la población

j = número del mes ($j = 1, 2, 3... 12$)

1000 = factor de conversión de litros a m^3 (CICADELLI-CP 2007).

4.3.3.2 Cálculo de la disponibilidad de agua

La disponibilidad de agua se obtuvo a partir de la precipitación neta, que corresponde al escurrimiento directo de datos promedio mensuales de precipitación de los registros históricos disponibles, dando como resultado un valor promedio mensual de los años considerados. Para fines de diseño, se tomó en cuenta una lluvia con probabilidad de ocurrencia de 60% para garantizar que 6 de cada 10 años se contará con la cantidad necesaria de agua para abastecer a la población meta.

4.3.3.3 Cálculo de la precipitación neta con coeficiente de captación

La eficiencia de la precipitación del agua de lluvia depende del coeficiente de escurrimiento de los materiales del área de captación, el cual varía de 0.0 a 0.9. El procedimiento consistió en obtener las precipitaciones medias mensuales de 15 años de registro. A continuación se presenta la fórmula para estimar la precipitación neta:

$$PN_{ijk} = P_{ijk} * \eta_{captacion}$$

Dónde:

PN_{ijk} = precipitación neta del día i , mes j y año k , mm,

P_{ijk} = precipitación total del día i , mes j y año k , mm,

$\eta_{captacion}$ = coeficiente de captación del agua de lluvia (CICADELLI-CP 2007).

El coeficiente de escorrentía (C_e) está en función de la rugosidad de la superficie y adquiere valores entre 0 y 0.9. Existen diferentes valores tabulados para este coeficiente; sin embargo, para fines de diseño de sistema de captación son muy utilizados los siguientes valores.

Cuadro 1 Coeficiente de Escorrentía (C_e) de diferente material de área de captación

Tipo de Captación	C_e
Cubiertas superficiales	
Concreto	0.6-0.8
Pavimento	0.5-0.6
Geomembrana de PVC	0.85-0.90
Azotea	
Azulejos, teja	0.8-0.9
Hojas de metal acanaladas	0.7-0.9
Orgánicos (hojas con barro)	<0.2
Captación en tierra	
Suelo con pendientes menores al 10%	0.0-0.3
Superficies naturales rocosas	0.2-0.5

Cuando las precipitaciones medias mensuales sean menores de 50 mm y de baja intensidad (m/h), se recomienda no considerarlas, sobre todo si se presentan durante las épocas secas, ya que la cantidad y calidad del agua de lluvia no será de consideración para su almacenamiento (CICADELLI-CP 2007).

4.3.3.4 Diseño del sistema de conducción del agua captada

El agua pluvial captada en techos y áreas de escurrimiento deberá ser conducida al sistema de almacenamiento, mediante canales de lámina galvanizada y tubería de PVC. Cuando la pendiente es mayor al 10% y se trata de laderas, es necesario contar con un dispositivo hidráulico o un sedimentador para reducir la velocidad del agua, al mismo tiempo sedimentar los sólidos arrastrados por el escurrimiento de agua del área de captación. El

caudal de conducción por la tubería se obtuvo con la siguiente expresión (CICADELLI-CP 2007).

$$Q_c = \frac{5}{18} (A_{ec} * I \text{ lluvia})$$

Dónde:

Q_c = Caudal de conducción (L/seg)

$\frac{5}{18}$ = Factor de conversión de m³/hora a litros por segundo

A_{ec} = Área efectiva de captación (m²)

I Lluvia = Intensidad de lluvia de la zona (m/hora).

El diámetro de tubería se determina con la siguiente ecuación (Sotelo, 2005):

$$D = 2 \sqrt{Q_c / \pi v}$$

Dónde:

D = Diámetro de tubería

2 = Constante

Q_c = Caudal de conducción

π = 3.1416

V = Velocidad media

4.3.3.5 Canales para colección y conducción

Los canales son accesorios para coleccionar y conducir los escurrimientos pluviales a un sistema de almacenamiento, sus dimensiones estarán en función de la duración de la precipitación (cortas y homogéneas), tiempo de concentración del agua, la longitud del área de paso y de su pendiente (CICADELLI-CP 2007).

4.3.3.6 Diseño del volumen del sedimentador o trampa de sólidos

La sedimentación es un proceso físico unitario que consiste en la separación, por la acción de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua. Las variables de diseño de la trampa es el área efectiva de captación de agua de lluvia y la intensidad máxima de precipitación registrada (Anaya 2005).

$$V_{\text{sedimentador}} = A_{\text{ec}} * I_{\text{lluvia}}$$

Dónde:

$V_{\text{sedimentador}}$ = es el volumen del sedimentador, m³/hora

A_{ec} = es el área efectiva de captación de agua de lluvia, m²

I_{lluvia} = intensidad de precipitación, mm/hora.

4.3.3.7 Volumen del sistema de almacenamiento del agua de lluvia captada

El criterio para el diseño del volumen consiste en considerar la demanda de agua mensual que necesita una población durante los meses de sequía; para asegurar el abastecimiento al cien por ciento se adicionan dos meses (CICADELLI-CP 2007).

$$V_{\text{cisterna}} = D_j * M_{\text{sequía}+2}$$

Dónde:

V_{cisterna} = volumen mínimo de la cisterna, m³,

D_j = demanda mensual, m³/mes,

$M_{\text{sequía}+2}$ = meses con sequía más 2.

4.3.4 Análisis de aguas lluvias

Se realizaron análisis microbiológicos, de elementos para agua potable y parámetros fisicoquímicos, para determinar las condiciones del agua a captar. Las muestras se tomaron

del área de captación del edificio Miguel Facussé, en una cubeta debidamente esterilizada y se colectó para los tres tipos de análisis.

4.3.4.1 Análisis Microbiológico

Se desinfectaron las manos con agua y jabón, para prevenir contaminación externa. De la cubeta se sustrajo la muestra y colocó en la bolsa hermética indicada para este tipo de análisis; cerciorándose a llenarla a $\frac{3}{4}$ de su capacidad para evitar derrames o que se dificulte el cierre, en este se evaluó coliformes totales y coliformes termotolerantes.

4.3.4.2 Análisis de elementos para agua potable

Para este análisis se utilizó un recipiente plástico de un litro; se hicieron tres enjuagues al frasco con el agua de donde se obtuvo la muestra, siguiendo el mismo procedimiento en cuanto al análisis microbiológico. Los elementos a evaluar son cadmio, cromo total y plomo.

4.3.4.3 Análisis fisicoquímico

Se utilizó un recipiente plástico de cuatro litros, previamente esterilizado, llevando a cabo el mismo procedimiento de desinfección. Para este tipo de análisis se determinaron los siguientes parámetros: amonio, cloruros, color verdadero, conductividad, dureza, fluoruros, nitratos, nitritos, pH, sólidos totales disueltos, sulfatos y turbiedad.

- Identificación de las muestras: la identificación de la muestra debe ser correcta y clara. La ficha de muestreo debe llevar toda la información requerida, como los siguientes datos: nombre y dirección del solicitante del análisis, procedencia de la muestra, responsable, hora y fecha de recolección y tipo de muestra.

- El tiempo de recolección de la muestra hasta el inicio del análisis no se excedió de las 24 horas. Las muestras se transportaron a la brevedad posible al Centro de Estudio y Control de Contaminantes (CESCCO), y se trató de que las muestras no fueran contaminadas por ningún medio externo.



Figura 1 Muestras de agua lluvia en refrigeración de 4°C.

4.3.5 Determinación de la emisión de CO₂ de vehículo abastecedor

Se determinó el gasto de las emisiones de CO₂ que genera el vehículo abastecedor de agua, de acuerdo a las siguientes actividades: Se determinó la ruta del vehículo que recorre al día y al mes, y se realizó una breve descripción del vehículo (años del vehículo, cual es el tipo de hidrocarburo), y con ello se usaron valores del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF). No se contó con el equipo necesario para esta actividad (Opacímetro) ya que este requiere de un material que no se encuentra en el país.

Emisiones de CO₂ de un litro de gasolina = 2.3 Kg/L

Emisiones de CO₂ de un litro de diesel = 2.6 Kg/L

4.3.6 Determinación de la emisión de CO₂ por electricidad

Para determinar el consumo de energía eléctrica se realizaron las siguientes actividades: Visitar al propietario del pozo para conocer la potencia de la bomba, tiempo que está encendida la bomba para llenar una cisterna. Realizando el cálculo mediante un convertidor en Kw/hora (Utilizado por CENEAM/ Centro Nacional de Educación Ambiental).

Coeficiente de emisión específica media: 0.4556 Kg. por Kwh.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Análisis de la precipitación

Los datos proporcionados por estación meteorológica corresponden al periodo 1996-2010. La precipitación media para Tegucigalpa es de 888 mm, con una desviación estándar de 155 mm; observándose un comportamiento bimodal (meses de junio y septiembre) como se aprecia en la Figura 2. La época lluviosa se concentra durante los meses de mayo a octubre, donde precipita 88% del total de la lluvia anual (781 mm). La precipitación media de esta zona se encuentra muy por debajo del promedio anual, según lo reportado por el balance hídrico nacional de 2002 (1880 mm). Sin embargo, está no es una limitante para establecer sistemas de captación ya que además de la lluvia, un factor muy importante lo constituye el área de captación.

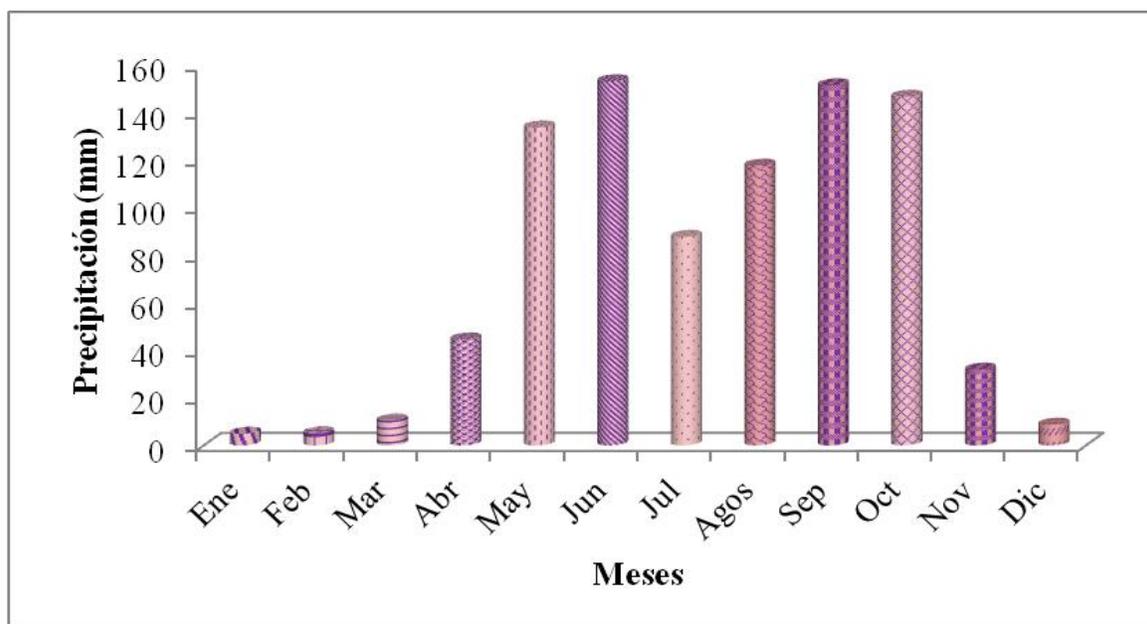


Figura 2 Precipitación promedio mensual para Tegucigalpa, periodo 1996-2010

5.2 Área de captación de edificios

La escuela cuenta con cuatro edificios, como se aprecia en la Figura 3. El área total de captación es de 18610.55 m², la escuela tiene otros edificios pero son muy pequeños y se encuentran en áreas que no hay pendiente, en comparación con los cuatro edificios, en los cuatro edificios como se puede observar en el anexo 6, se encuentran diferentes tipos de techos.

En esta figura se puede observar la ubicación de los edificios de la escuela, la cual tienen alta capacidad para captar aguas lluvias. Donde se encuentra ubicado el edificio llamado Vera hay un terreno que no se ha utilizado y donde se recomienda construir una nueva cisterna con una capacidad de 4075.11 m³ para poder cubrir las necesidades de agua durante todo un año. El terreno se encuentra en buena condición para la conducción de agua lluvia debido a la pendiente que hay entre el edificio y el terreno.



Figura 3 Identificación edificios Del Campo International School

- | | |
|-------------------|-------------|
| 1. Pre-escolar | 3. Vera |
| 2. Miguel Facusse | 4. Academia |

Cuadro 2 Área de captación de edificios

Nombre del edificio	Ancho del edificio(m)	Largo del edificio (m)	Aec (m²)
Pre-escolar	10.99	105.99	1161.42
	13.93	41.00	571.13
	13.93	104.36	1453.73
Miguel Facussé Vera	10.60	142.86	1514.32
	18.05	123.72	2233.15
	5.92	15.46	91.52
	4.77	18.62	88.82
Academia	12.30	112.08	1378.58
	8.00	59.88	479.04
	8.00	15.56	124.48
	9.32	48.70	453.88
Total Aec			18610.55

5.3 Diseño del sistema de captación de agua lluvia

5.3.1 Demanda mensual:

Información general: La población que se beneficiará son 1500 personas los cuales son estudiantes y trabajadores de la escuela, la edad varía entre los 4-18 años en estudiantes y en trabajadores entre 20-63 años. El gasto de agua que se da diariamente se determinó por la compra de agua que hace la escuela que son 17411 L. La dotación por persona se calculó por el gasto diario de agua (17411 L) y se dividió entre el total de personas (1500), que resulta 11.60 litros por persona por día. Se consideran 26 días de clases que los estudiantes asisten a clases de lunes a viernes, el sábado solo acuden trabajadores hasta medio día.

Datos

Dj = Demanda de agua en el mes j, m³/mes/población

Nu = 1500 personas

Dot = 11.60 litros /persona/ día

Nd_j = 26 días (Se consideran esos días por clases)

1000 = factor de conversión de litros a m³.

D_{anual} = Demanda anual en m³/año

$$D_j = 1500 \text{ pers.} \times 11.60 \text{ L/pers/día} \times 26 \text{ días} / 1000 = 452.79 \text{ m}^3/\text{mes}$$

La demanda mensual cubre los 26 días de clases, para 1500 personas, cada persona hace un gasto diario de 11.60 litros de agua y en total la demanda mensual es de 452.79 m³.

5.3.2 Demanda anual:

$$D_{\text{anual}} = 452.79 \text{ m}^3 \times 10 \text{ meses} = 4527.9 \text{ m}^3/\text{año}$$

La demanda anual cubrirá 10 meses, los cuales son los meses de clases, para 1500 personas con el gasto diario de 11.60 litros por persona, que resulta 4527.9 m³ al año.

5.3.3 Calculo de la precipitación Neta con coeficiente de captación

$$P_{\text{neto}} = 4.9 \text{ mm} \times 0.85 = 4.17 \text{ mm}$$

El techo del área de captación de la escuela es de teja, ya que la eficiencia de captación depende del coeficiente de escurrimiento de los materiales de área de captación. Lo cual el coeficiente de escurrimiento es de 0.8-0.9 y el coeficiente que se tomó fue 0.85 ya que es un valor medio, estos datos los proporciona CIDECALLI .

Cuadro 3 Precipitación pluvial neta media (Periodo 1996-2010), en mm

Meses	Precipitación en mm	Precipitación Neta (mm)
Enero	4.9	4.17
Febrero	5	4.25
Marzo	10.4	8.84
Abril	44.6	37.91
Mayo	126.9	107.87
Junio	153.3	130.31
Julio	87.8	74.63
Agosto	117.8	100.13
Septiembre	151.6	128.86
Octubre	146.8	124.78
Noviembre	31.9	27.12
Diciembre	8.7	7.40
Total anual	889.7	756.25
		7.56 m

5.3.4 Diseño del sistema de conducción del agua captada

1) Pre-escolar

$$Q_c = 5/18 (3186.28 \text{ m}^2 \times 0.025 \text{ m/hora} = 22.13 \text{ L/seg}$$

2) Miguel Facussé

$$Q_c = 5/18 (1514.32 \text{ m}^2 \times 0.025 \text{ m/hora} = 10.52 \text{ L/seg}$$

3) Vera

$$Q_c = 5/18 (12852.55 \text{ m}^2 \times 0.025 \text{ m/hora} = 89.25 \text{ L/seg}$$

4) Academia

$$Q_c = 5/18 (1057.40 \text{ m}^2 \times 0.025 \text{ m/hora} = 7.34 \text{ L/seg}$$

Para el caudal de conducción se necesita de la intensidad de lluvia. El Servicio Meteorológico Nacional (estación 78720), proporcionó este dato el cual tiene una intensidad máxima de 0.025 m/hora, que dio como resultado para el edificio pre-escolar de 22.13 litros por segundo (L/seg), Miguel Facussé 10.52 litros por segundo (L/seg), Vera 89.25 litros por segundo (L/seg) y la Academia tiene un caudal de conducción de 7.34 litros por segundo (L/seg).

5.3.5 Diseño del diámetro de tubería

1) Pre-escolar

$$D = 2 \sqrt{0.022 \text{ m}^3/\text{seg} / \pi \times 2.5 \text{ m/seg}} = 0.11 \text{ m} \approx 4.18 \text{ pulgadas}$$

2) Miguel Facussé

$$D = 2 \sqrt{0.011 \text{ m}^3/\text{seg} / \pi \times 2.5 \text{ m/seg}} = 0.07 \text{ m} \approx 3 \text{ pulgadas}$$

3) Vera

$$D = 2 \sqrt{0.089 \text{ m}^3/\text{seg} / \pi \times 2.5 \text{ m/seg}} = 0.21 \text{ m} \approx 8.39 \text{ pulgadas}$$

4) Academia

$$D = 2 \sqrt{0.007 \text{ m}^3/\text{seg} / \pi \times 2.5 \text{ m/seg}} = 0.06 \text{ m} \approx 3 \text{ pulgadas}$$

El diseño del sistema de captación de aguas lluvias, en cada edificio de la escuela y según el orden el diámetro va ir en aumento desde pre-escolar hasta el Vera a excepción de la Academia que se va hacer la conducción del agua lluvia directamente hacia la cisterna. Para Pre- escolar el diámetro de tubería es de 4 pulgadas, Miguel Facussé requiere de un diámetro de 3 pulgadas y el Vera requiere de un diámetro de 9 pulgadas estos tubos deben ser RD 41.

5.3.6 Diseño del volumen del sedimentador

$$V_{\text{sedimentador}} = 18610.55 \text{ m}^2 \times 0.025 \text{ m/hora} = 465.26 \text{ m}^3/\text{hora}$$

La sedimentación es un proceso físico que consiste en la separación, por la acción de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua. Para este se necesita un volumen de 465.26 metros cúbicos por hora.

5.3.7 Volumen del sistema de almacenamiento del agua de lluvia captada

$$V_{\text{cisterna}} = 452.79 \text{ m}^3 \times 7 + 2 = 4075.11 \text{ m}^3$$

Para conocer el volumen del sistema de captación se hace de acuerdo con la demanda mensual y por los meses de sequía (noviembre a mayo), para garantizar la necesidad de agua durante los 10 meses de clases. El volumen de la cisterna debe ser: Largo 34 m, Ancho 34 m y de profundidad de 3.5 m para una capacidad de almacenamiento de 4075.11 m³.

5.4 Análisis de las muestras de agua lluvia en Laboratorio

Durante la investigación se realizaron tres tipos de análisis los cuales son los siguientes: Análisis Físicoquímicos, de elementos para agua potable y análisis microbiológicos.

5.4.1 Análisis físicoquímicos:

Este análisis incluye cloruros, color verdadero, conductividad, dureza, fluoruros, nitratos, pH, sólidos totales disueltos, sulfatos, turbiedad, nitritos y Amonio observar resultados en anexo 1. Según la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable, el pH es un indicador de acidez y alcalinidad, el valor pauta es de 6.5-8.5 y en el análisis identificó un pH de 6.74. Sólidos disueltos totales hace alusión a materia suspendida o disuelta en un medio acuoso, con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal

agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor, por esta razón, se ha establecido un límite de 1000 mg/L el resultado del análisis fue de 125.0 mg/L.

El nitrato y el nitrito son compuestos de nitrógeno, se forman cuando los microorganismos del entorno descomponen materiales orgánicos, como plantas, estiércol de animales y otros. Según la norma técnica, el valor de referencia de los nitratos es de 50 mg/L; en el análisis se detecta como no reportado ya que la muestra presentó interferencia por materia orgánica. En cuanto a los nitritos el valor recomendado por la norma técnica para la calidad del agua potable es de 0.1 mg/L y es resultado sobrepasa el valor (4.77 mg/L).

La turbidez se refiere a lo clara o turbia que pueda estar el agua, el agua clara tiene un nivel de turbidez bajo y el agua turbia o lodosa tiene un nivel alto de turbidez, el valor de referencia es de 5 UNT (Unidad Nefelométrica de Turbiedad) y el valor detectado fue de 1.30 UNT. Cloruros es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua. En el agua potable, el sabor salado producido por el cloruro, es variable y depende de la composición química del agua. Dentro de la norma técnica el valor pauta es de 250 mg/L y el valor detectado en el análisis es < 1.0 mg/L.

La conductividad es una medida generalmente útil como indicador de la calidad de aguas, este parámetro se encuentra dentro de la norma ya que el valor pauta es de 400 μ S/cm (microsiemens por centímetro) en el resultado aparece 11.1 μ S/cm. El amonio en agua lluvia es muy alto debido a que se encuentra en la atmósfera.

5.4.2 Análisis de elementos:

El análisis incluye cadmio es un elemento extremadamente tóxico para el hombre, en el análisis el valor obtenido el cuál fue de <0.003 mg/L, este se encuentra dentro de la norma ya que el valor pauta es de 0.003 mg/L. El cromo total es un elemento metálico, no tiene olor ni sabor, el valor detectado es <0.007 mg/L que se encuentra dentro de la norma (0.05)

y plomo, los valores detectados (0.0075 mg/L) se encuentran dentro de los límites establecidos por la Norma Técnica Nacional para la calidad del Agua potable ya que es 0.01 mg/L.

5.4.3 Análisis microbiológico:

Para este análisis se hizo coliformes totales y coliformes termotolerantes, lo cual los resultados esperados no son favorables ya que en el momento que realizó la toma de muestra de agua no estaba lloviendo seguido y por el edificio que se recolectó el agua se llevan muchos pájaros. Los resultados son los siguientes: la muestra no cumple con los límites máximos permitidos en la norma de referencia para Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes.

Los coliformes totales se determinó 250 UFC/100 ml lo cual significa que en cada 100 ml hay 250 Unidad Formadora de Colonia. Estos indican contaminación por suelos, aguas contaminadas, materia orgánica en descomposición, animales y polvo, la justificación a que sale muy alto el resultado fue porque en el momento que se realizó la toma de agua no llovió mucho o muy seguido y pues en el techo debió estar con polvo. Los coliformes termotolerantes contaminación fecal directa a una temperatura de 45°C, igual lo que paso con el análisis anterior el techo debió tener excretas de animales (pájaros) por allí se llevan muchos pájaros. Y para garantizar que es estos desaparezcan o disminuyan se hace un plan de potabilización por métodos químicos de cloro residual al 65%. La cantidad de cloro que se puede emplear para una cisterna de capacidad de 4075 m³ es el siguiente:

1.5 ppm

$$1.5 \text{ gr} / 0.65 = 2.31 \text{ gr/m}^3$$

$$4075 .11 \text{ m}^3 \times 2.31 \text{ gr/m}^3$$

$$4075.11 \text{ m}^3 \times 2.31 \text{ gr/m}^3 = 9413.50 \text{ gr de cloro}$$

9413.50 gramos de cloro es igual a 20 libras de cloro granulado al 65%. Este cloro tiene costo de L. 2600.00 en 100 libras de cloro, lo que se recomienda es comprar las 100 libras y tenerlo almacenado en un lugar adecuado para utilizarlo cuando se necesite.

5.5 Determinación de la emisión de CO₂ por electricidad

Con la visita al pozo donde se extrae el agua se obtuvo los siguientes resultados.

Caudal de pozo: 3.785 litros/seg

Tiempo que esta la encendida la Bomba: 10 horas en verano; en invierno usan la gravedad.

Potencia de la bomba: 15 hp

Son dos bombas, pero una está de reemplazo.

CO₂ electricidad = 11.18 Kw-hora × 0.4556 Kg por Kw-hora = 5.09 Kg por Kw-hora

CO₂ electricidad = 5.09 Kg por hora × 10 horas = 50.9 Kg por Kw-hora

CO₂ electricidad = 50.9 Kg por hora × 30 días = 1527 Kg por Kw-hora

CO₂ electricidad = 1527 Kg por hora × 6 meses = 9162 Kg por Kw-hora

La Bomba tiene una potencia de 15 hp, el tiempo que pasa encendida la bomba es de 10 horas al día en verano, el pozo tiene un caudal de 3.785 L/seg. Las emisiones de CO₂ que se producen por electricidad debido al uso de una bomba para la extracción de agua en 10 horas es de 5.09 Kilogramos de CO₂ por Kilo watt- hora, para un periodo de seis meses se emite 9162 Kg de CO₂ por Kw- hora.

5.6 Determinación de emisión de CO₂ por vehículo abastecedor

Se recolectó información con el propietario de la venta de agua, son los siguientes:

Cuantos recorridos por día/mes: 3 recorridos por día /32 por mes

Descripción del vehículo: Mercedes Benz

Año: 1982

Gasto de diesel ida y vuelta: 1.5 galón ≈ 5.68 litros de diesel

CO_2 por vehículo = 5.68 L de diesel \times 2.6 Kg/L = 14.77 Kg/L

CO_2 por vehículo = 14.77 Kg/L \times 3 recorridos al día = 44.31 Kg/L

CO_2 por vehículo = 44.31 Kg/L \times 32 recorridos al mes = 1417.92 Kg/L

Por 5.68 litros de diesel se emite 14.77 Kg/L de CO_2 , hace tres recorridos al día lo cual se emite 44.31 Kg/L de CO_2 y al mes hace 32 recorridos lo cual emite 1417.92 Kg/L. Ya que es uno de los gases que contribuyen al efecto invernadero por lo que se puede observar cuanto se podría reducir o minimizar las emisiones de CO_2 que produce el transporte durante el recorrido para realizar la entrega de cisternas con agua, al usar el sistema de captación de agua lluvia.

5.7 Análisis Económico

Según datos de recibos de compra de agua proporcionados por la institución, se consumen alrededor de 280 m³ mensuales (32 cisternas y considerando que esta agua no es usada para consumo humano). El costo por cisterna es de Lps 450.00, haciendo un total de Lps 144,000 anuales si se toma en cuenta el periodo escolar o Lps 84,600 para los seis meses de estiaje en la zona. Si bien es cierto, el diseño e implementación de un sistema de captación de agua lluvia inicialmente es elevado, resulta una alternativa factible para reducir costos, además de mejorar el desempeño ambiental de la institución. El sistema de almacenamiento mediante tanque de concreto, representa el 87% de la inversión total; en cambio, con el uso de materiales como geomembrana, el tanque solamente representa el 31% de la inversión (Anexos 10 y 11).

VI. CONCLUSIONES

En la ciudad de Tegucigalpa, se pueden desarrollar sistemas de captación de agua lluvia durante los meses de mayo a octubre debido a que en ese periodo se concentra 88% de la lámina precipitada según reportes del Servicio Meteorológico Nacional

Del Campo International School tiene un gran potencial de captación de agua lluvia, ya que cuenta con un área efectiva de 1.8 hectáreas; capaces de captar un volumen de agua de 4075 m³, durante los meses de mayo a octubre

Con la implementación del sistema de captación agua lluvia se reducirán las emisiones de CO₂ que son producidas por electricidad en cuanto al uso de la bomba para la extracción del agua, con el uso de esta bomba se están emitiendo 9,162 Kg de CO₂ por Kw-hora en un periodo de seis meses. Así como se producen las emisiones por la quema de combustible, esto se produce por el recorrido que hace el vehículo durante un periodo de seis meses, al utilizar este sistema se reducirían la cantidad 8507.52 Kg/L CO₂. Para que los estudiantes y trabajadores de la escuela estén en armonía con el medio ambiente, de tal manera que se aprovechen los recursos naturales.

Al comparar los costos en compra de agua versus sistema de captación; para implementar este sistema es más factible construir una cisterna con geomembrana de PVC, que está a su vez le permite adaptarse con facilidad a la forma del terreno es una opción viable para este proyecto.

VII. RECOMENDACIONES

Realizar un análisis microbiológico y fisicoquímico de agua lluvia en verano y, coleccionar el agua directamente del cielo.

Utilizar restrictores de flujo de acero inoxidable en los grifos, y en los inodoros usar desplazadores de agua para reducir el gasto de agua que se da diariamente en la escuela.

Construir una cisterna de acuerdo a las dimensiones por la demanda de agua, en el terreno que está a la par del edificio Vera ya que esta se encuentra con pendiente para conducir el agua lluvia de los edificios a la cisterna.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Cancelo, Márquez, M^a. y Díaz, Vázquez, T; M^a Del Rosario. Emisiones De CO₂ Y Crecimiento Económico En Países De La UE. 2002. Vol. 2. 69-73 p.

CENEAM (Centro Nacional de Educación Ambiental). 2006. Estimación de emisiones de gases con efecto Invernadero 2004 – 2005.España. 2 p.

Centro de promoción de tecnologías sostenibles (CPTS). 2005. Guía Técnica General de Producción Más Limpia. La Paz Bolivia. 74-90p.

Centro De Promoción de Tecnologías Sostenibles (CPTS).2009. Manual de Producción Más Limpia Uso eficiente del agua en los sectores industrial y de servicios. La Paz-Bolivia. 3 p.

CIDECALLI-CP. (Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia) 2007. Diseño de Sistemas de Captación del agua lluvia. 50-70 p.

Custodio, E. (2002) Aquifer overexploitation, what does it mean? Hydrogeology Journal, 10(2): 254–277 p.

Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE). 2010. Honduras avanza con energía limpia. Tegucigalpa, Honduras. 8 p.

Garduño, Anaya, M; Cruz S. J; Murcia, Tunaro, V; Mancillas, Trejo J. 1998. Manual Técnico: Sistema de captación de agua de lluvia para uso domestico en América Latina y el Caribe. México. 1-4 p.

Grass, Eugenio.2010. Cosecha de Agua y tierra Diseño de Permacultura. México. 202-204p.

Informe Mundial sobre Desarrollo Humano (IMDH)/ Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2006. Más que escasez de agua: un problema de pobreza y desigualdad. (En línea). Consultado 16 de mayo 2011. Disponible en http://www.undp.un.hn/presentacion_IDH_2006.htm

Instituto Nacional de Estadísticas (INE).2007. Sobre la base del Método de las Necesidades Básicas Insatisfechas: acceso al agua por servicio público o privado colectivo (área urbana), y acceso al agua de un sistema de tubería ó pozo (área rural). Tegucigalpa, Honduras. 3p.

Phillips, V. D.; Tschida, R.; Hernández, M.; y Hernández, M. F. 2008. Manual de captación para la participación comunitaria. 6 p.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD); Informe Desarrollo Humano 2006, Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua; 2006; Nueva York, EE.UU.

Reyes de Nasser Lourdes Patricia.2002. Problemática de la calidad del agua del acueducto de Tegucigalpa. Tegucigalpa, Honduras. 4-8 p.

Sahuquillo, A; Custodio, E; y Llamas, M. R. 2008. La gestión de aguas subterráneas. Valencia. España. 2-11p.

Sánchez J. Tegucigalpa. Cotización de geomembrana. AMANCO (comunicación personal) 2010.

UNAT (Unidad de Apoyo Técnico). 2010. El problema de la sequía en Honduras en 2010. Tegucigalpa, Honduras. 2-5 p.

UNATSABAR (Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural).2001.Guía De Diseño Para Captación del agua de Lluvia. Lima- Perú.3-7 p.

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Cultura y la Ciencia).2004. Aplicación de SIG para la evaluación de amenazas y riesgos; Tegucigalpa, Honduras. 2 p.

UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia). 2002. Unicef y el Agua en Honduras. (En línea). Consultado el 18 de mayo de 2011. Disponible en <http://www.revistazo.com/sep-02/rep4.html>

USAID (Agencia de Estados para el Desarrollo Internacional). 2005. Situación del recurso agua en Honduras Tegucigalpa, Diciembre 2005.Tegucigalpa. 13 p.

WWF (Fondo Mundial para la naturaleza)/ADENA. 2010. Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO2 del parque residencial existente en España en 2020. Madrid, España. Diciembre. 7 p.

IX. ANEXOS

Anexo 1 Resultado de análisis Físicoquímico



Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Página Web: www.cesco.gob.hn E-mail: cescco@cablecolor.hn



Pag. 1/1

LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS

Informe de Análisis Laboratoriales

Informe No: 431 Fecha: 10/10/11 Orden de Pago: 094 Fecha: 26/09/11
 Recibo No: 5495286 Fecha: 26/09/11 Valor: L. 3,140.00

1. Nombre del Solicitante: Del Campo International School	2. Dirección de Solicitante: Tegucigalpa
3. Tipo de Muestra: Agua lluvia	4. Procedencia de la Muestra: Prolongación Colonia las Hadas
5. Fecha y Hora de Recolección de la Muestra: 25-26/09/11 11:00 pm – 2:00 am.	6. Fecha y Hora de Recibo de la Muestra: 26/09/11 11:00 am.
7. Responsable Recolección: Esperanza Izaguirre	

RESULTADOS

No. Mta.	Punto de Recolección	Análisis	Valor Pauta	Resultado
309	Aldea agua dulce	Amonio	0,5 mg/L	0,86 mg/L
		Cloruros	250 mg/L	<1,0 mg/L
		Color verdadero	15 mg Pt-Co/L	<5 mg Pt-Co/L
		Conductividad	400 µS/cm	11,1 µS/cm a 22 °C
		Dureza	400 mg CaCO ₃ /L	4,02 mg CaCO ₃ /L
		Fluoruros	0,7 mg/L	<0,02 mg/L
		Nitratos	50 mg/L	N.R.
		Nitritos	0,1 mg/L	4,77 mg/L
		pH	6,5-8,5	6,74 a 20,2 °C
		Sólidos Totales Disueltos	1 000 mg/L	125,0 mg/L
		Sulfatos	250 mg/L	<1,0 mg/L
		Turbiedad	5 UNT	1,30 UNT

Valor Pauta: Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable, Acuerdo No. 084 del 31 de julio de 1995.

OBSERVACIONES: Todos los resultados obtenidos se encuentran dentro de la norma de referencia a excepción de amonio y nitritos que sobrepasan el valor de referenciada.

N.R.: No reportado ya que la muestra presentó interferencia por materia orgánica.

Muestra traída al laboratorio por el interesado.

mg CaCO₃/L: miligramos de carbonato de calcio por litro
 °C: Grados Celsius
 µS/cm: microsiemens por centímetro
 UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.
 mg Pt-Co/L: miligramos de platino cobalto por litro
 mg/L: miligramos por litro



DRA. ARACELY MEMBREÑO
 Jefe de Laboratorio Calidad de Agua
 C.C. Laboratorio

DR. VICTOR MANUEL MELENDEZ
 Director CESCO

"No se permite reproducir parcial o totalmente el certificado de resultados sin aprobación del laboratorio"

Edificio Principal: Despacho de Recursos Naturales y Ambiente, 100 metros al sur del Estadio Nacional
 Teléfonos: 232-2011, 239-4298 • Fax: 232-6250 • Apartado Postal 1389,4710.
 Tegucigalpa, M. D. C., Honduras, C. A.

Anexo 2 Resultado de análisis de elementos para agua potable



Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO
 Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.
 Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954
 Página Web: www.cesco.gob.hn E-mail: cescco@cablecolor.hn



Pag. 1/1

LABORATORIO DE CONTAMINANTES QUIMICOS Informe de Análisis Laboratoriales

Informe No. 425 **Fecha:** 30/09/11 **Orden de Pago:** 094 **Fecha:** 26/09/11
Recibo No. 5495286 **Fecha:** 26/09/11 **Valor:** L. 3,140.00

1. Fecha recibo de la Muestra: 26/09/11 10:50 am.	2. Nombre del producto: Agua lluvia
3. Nombre del Solicitante: Del Campo International School	
4. Fecha de recolección de la Muestra: 25-26/09/11 10:20 pm.-2:00 am.	5. Procedencia del producto: prolongación Colonia Las Hadas
6. Punto de recolección: Aldea Agua Dulce	7. Condición de transporte de la muestra al laboratorio: Apropriado Si X No
8. Responsable Recolección: Esperanza Izaguirre	9. Empaque de la muestra apropiado: Si X No
10. Forma de muestreo: Puntual	11. Cantidad de muestra: 1 litro
12. Receptor de Muestra en laboratorio: Nadia Zuniga	
13. Análisis a realizar: Elementos	

RESULTADOS

No. Muestra	Identificación del Solicitante	Compuesto Detectado	Valor Norma mg/L	Concentración Obtenida mg/L
309	Aldea Agua Dulce	Cadmio	0,003	<0,003
		Cromo total	0,05	<0,007
		Plomo	0,01	0,0075

Valor Norma: Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable.

Método Empleado: APHA-AWWA-WEF, Part 3111-B, 21th Edition 2005.

Observaciones: Los valores detectados se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma

Muestra tomada por el interesado.

DRA. INDIRA SIERRA
 Jefe laboratorio Contaminantes Químicos
 CC: Archivo.

DR. VICTOR MANUEL MENDEZ
 Director CESCO



"No se permite reproducir parcial o totalmente el certificado de resultados sin aprobación del laboratorio"

Edificio Principal: Despacho de Recursos Naturales y Ambiente, 100 metros al sur del Estadio Nacional
 Teléfonos: 232-2011, 239-4298 • Fax: 232-6250 • Apartado Postal 1389,4710.
 Tegucigalpa, M. D. C., Honduras, C. A.

Anexo 3 Resultado de análisis microbiológicos



Centro de Estudios y Control de Contaminantes, CESCO

Barrio Morazán, frente a la Central de Bomberos, Tegucigalpa, M.D.C.

Tel: (504) 231-1006 ó 239-0194 Fax: 239-0954

Página Web: www.cesco.gob.hn E-mail: cescco@cablecolor.hn



Pag. 1/1

Unidad de Microbiología Ambiental y de Alimentos

INFORME DE ANALISIS DE LABORATORIO

Informe No: 426

Fecha: 04/10/11

Orden de Pago: 094

Fecha: 26/09/11

Recibo No. 5495286

Fecha: 26/09/11

Valor: LPS. 3,140.00

1. Nombre del Solicitante: Del Campo International School	2. Dirección del Solicitante: Tegucigalpa
3. Tipo de Muestra: Agua de lluvia	4. Procedencia de la Muestra: Prolongación colonia Las Hadas
5. Fecha y Hora de Recolección de la Muestra: 25-26/09/11 10:00 pm.-2:00 am.	6. Fecha y hora de Ingreso al Laboratorio: 26/09/11 11:07 am.
7. Recolectada por: Esperanza Izaguirre	8. Muestra traída al Laboratorio por el Interesado: Si X No
9. Análisis: Recuento de Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes por el método de membrana de filtración, (9222B, 9222D, respectivamente)*.	

RESULTADOS

No. mtra	Punto de Recolección	Determinación	Resultado	Valor Pauta**
304	Aldea Agua Dulce	Coliformes Totales	250 UFC/100ml.	0 UFC/100ml.
		Coliformes Termotolerantes	41 UFC/100ml.	0 UFC/100ml.

Observaciones: Esta muestra puntual recolectada por el interesado, no cumple con los límites máximos permitidos en la norma de referencia para Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes.

* Métodos Estándar para el análisis de Agua y Agua Residual, 21ª Ed.

** Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable.

UFC: Unidad Formadora de Colonia.

DR. GILBERTO PADILLA
Jefe Laboratorio de Microbiología

DR. VICTOR MANUEL MELENDEZ
Director CESCO



CC: Laboratorio

"No se permite reproducir parcial o totalmente el certificado de resultados sin aprobación del laboratorio"

Edificio Principal: Despacho de Recursos Naturales y Ambiente, 100 metros al sur del Estadio Nacional
Teléfonos: 232-2011, 239-4298 • Fax: 232-6250 • Apartado Postal 1389,4710.
Tegucigalpa, M. D. C., Honduras, C. A.

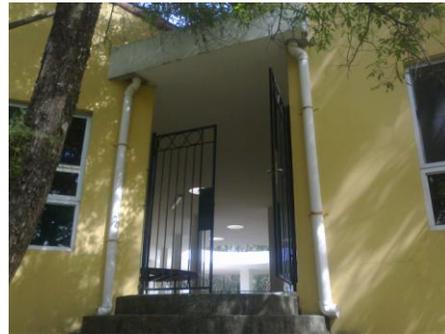
Anexo 4 Precipitación en mm año 1996-2010

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1996	3.2	0.9	14.0	35.8	97.1	25.7	116.6	240.8	97.4	236.6	30.6	0.8
1997	4.8	4.9	54.2	0.3	46.0	234.3	44.3	67.3	210.4	130.2	68.9	0.0
1998	0.0	0.0	7.9	7.3	191.6	88.0	103.2	162.4	76.2	498.6	43.5	1.1
1999	6.8	3.6	2.2	12.9	72.5	157.3	85.1	153.2	235.8	140.5	12.2	3.5
2000	15.7	1.1	0.0	28.5	151.1	79.3	62.5	134.7	228.9	71.5	9.1	8.9
2001	4.4	0.1	9.3	13.5	224.4	10.9	35.6	135.1	164.9	108.4	8.0	12.0
2002	5.2	8.0	1.1	1.2	178.1	163.0	46.1	20.4	107.7	58.3	9.5	15.9
2003	1.4	0.2	19.4	27.4	279.3	218.8	84.2	114.3	106.8	100.7	51.1	1.4
2004	3.5	13.5	14.4	174.3	61.9	49.1	70.9	37.5	133.8	170.2	20.9	9.5
2005	0.2	0.2	8.4	32.8	249.7	287.8	140.4	103.8	106.4	137.7	17.4	6.4
2006	12.8	0.8	0.0	26.1	57.9	196.8	85.2	26.0	92.4	115.6	112.5	27.9
2007	1.6	2.8	23.7	84.7	64.2	143.4	37.8	154.4	233.7	78.4	7.3	1.4
2008	10.0	25.9	1.5	22.7	61.5	80.4	167.0	177.8	180.6	259.5	16.8	3.1
2009	3.1	6.4	0.0	0.4	139.4	413.1	51.3	22.1	66.0	52.0	46.3	37.9
2010	1.5	6.8	0.0	201.5	28.4	152.0	187.3	217.5	232.4	43.6	24.4	0.0

Anexo 5 Medición de edificios



Anexo 6 Diferentes tipos de techo de los edificios



Anexo 7 Edificio Vera y el terreno donde posiblemente se construirá la cisterna



Anexo 8 Área de captación efectiva de cada edificio

1. Pre- escolar

$$A = 10.99 \text{ m} \times 105.68 \text{ m} = 1161.42 \text{ m}^2$$

$$A = 13.93 \text{ m} \times 41.0 \text{ m} = 571.13 \text{ m}^2$$

$$A = 13.93 \text{ m} \times 104.36 \text{ m} = 1453.73 \text{ m}^2$$

$$\Sigma \text{ Total} = 1161.42 \text{ m}^2 + 571.13 \text{ m}^2 + 1453.73 \text{ m}^2 = 3186.28 \text{ m}^2$$

2. Miguel Facusse

$$A = 10.6 \text{ m} \times 142.86 \text{ m} = 1514.32 \text{ m}^2$$

3. Vera

$$A = 18.05 \text{ m} \times 123.72 \text{ m} = 2233.15 \text{ m}^2$$

$$A = 5.92 \text{ m} \times 15.46 \text{ m} = 91.52 \text{ m}^2$$

$$A = 4.77 \text{ m} \times 18.62 \text{ m} = 88.82 \text{ m}^2$$

$$A = 12.30 \text{ m} \times 112.08 \text{ m} = 1378.58 \text{ m}^2$$

$$\Sigma \text{ Total} = 2233.15 \text{ m}^2 + 91.52 \text{ m}^2 + 88.82 \text{ m}^2 + 1378.58 \text{ m}^2 = 12852.55 \text{ m}^2$$

4. Academia

$$A = 8.0 \text{ m} \times 59.88 \text{ m} = 479.04 \text{ m}^2$$

$$A = 8.0 \text{ m} \times 15.56 \text{ m} = 124.48 \text{ m}^2$$

$$A = 9.32 \text{ m} \times 48.70 \text{ m} = 453.88 \text{ m}^2$$

$$\Sigma \text{ Total} = 479.04 \text{ m}^2 + 124.48 \text{ m}^2 + 453.88 \text{ m}^2 = 1057.40 \text{ m}^2$$

$$\Sigma \text{ Total} = 3186.28 \text{ m}^2 + 1514.32 \text{ m}^2 + 12852.55 \text{ m}^2 + 1057.40 \text{ m}^2 = 18610.55 \text{ m}^2$$

Anexo 9 Probabilidad de ocurrencia en la ciudad de Tegucigalpa periodo 1996-2010

Año	Lluvia (mm)	Lluvia ordenada (mm)	Número de orden	Probabilidad (%)	Periodo de retorno (años)
1996	899.5	1179.8	1	6.3	16.0
1997	865.6	1091.2	2	12.5	8.0
1998	1179.8	1067.0	3	18.8	5.3
1999	885.6	1006.8	4	25.0	4.0
2000	791.3	1005.0	5	31.3	3.2
2001	726.6	899.5	6	37.5	2.7
2002	614.5	885.6	7	43.8	2.3
2003	1005	865.6	8	50.0	2.0
2004	759.5	838.0	9	56.3	1.8
2005	1091.2	833.4	10	62.5	1.6
2006	754	791.3	11	68.8	1.5
2007	833.4	759.5	12	75.0	1.3
2008	1006.8	754.0	13	81.3	1.2
2009	838	726.6	14	87.5	1.1
2010	1067	614.5	15	93.8	1.1

Interpolación al 60%

838.0	→	56.3
833.4	→	62.5
4.6	→	-6.2
X	→	-2.5
X	→	1.9
833.4 + 2.0 = 835.3 mm		

Anexo 10 Costo total sistema de almacenamiento de concreto

2	No	Metros	Total de metros	Precio (Lps)	Costo
Yeso doble	900	1156		450	1,040,400.00
Columna	81	4	324	650	210,600.00
Vigas	16	34	544	800	435,200.00
Excavación			4075.11	120	489,000.00
		Alto	Ancho	Área	
Pared	800	119	4	476	380,800.00
Repello				476	38,080.00
Pulido				476	19,040.00
				Total Lps.	2,613,120.00
				Sedimentador	Total Lps. 298,350.00
				Cajas	Total Lps. 45,000.00
				Cloro	Total Lps. 2,600.00
				Tubería	Total Lps. 33,840.00
				Costo Total	
				(Lps)	2,992,910.00

Anexo 11 Costo total sistema de almacenamiento con Geomembrana de PVC (AMANCO, 2010)

AREAS				
	34	34	1156	BASE
	34	34	1156	SUPERIOR
34	3.5	4	476	PAREDES
		AREA TOTAL	2788	
	Precio geomembrana		140	390,320.00
		POR EXCAVACIÓN		489,000.00
		Sedimentador		298,350.97
		Cajas		45,000.00
		Cloro granulado		2,600.00
		Tubería		33,840.00
		Total		1,259,110.97