

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN – TARAPOTO
FACULTAD DE ECOLOGIA
ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



**“Evaluación del Potencial del Aprovechamiento del Agua de Lluvia en la
Facultad de Ecología- UNSM-T, Moyobamba- San Martín- 2014”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

Autor : Bach. Amb. CRUZ CARRANZA, GUMBER JOSBAL
Asesor : Ing. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA

Código N° 06050912

MOYOBAMBA – PERU

2014



ACTA DE SUSTENTACION PARA OBTENER EL TITULO
PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

En la sala de conferencia de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín-T sede Moyobamba y siendo las Ocho de la noche del día **Jueves 09 de Octubre del Dos Mil Catorce**, se reunió el Jurado de Tesis integrado por:

Blgo. M.Sc. ASTRIHT RUIZ RIOS
Lic. MSc. FABIAN CENTURION TAPIA
Ing. RUBEN RUIZ VALLES

PRESIDENTE
SECRETARIO
MIEMBRO

Ing. M.Sc. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA

ASESOR

Para evaluar la Sustentación de la Tesis Titulado “**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DEL APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA EN LA FACULTAD DE ECOLOGIA - UNSM-T, MOYOBAMBA - SAN MARTIN - 2011**”; presentado por el Bachiller en Ingeniería Ambiental **GUMBER JOSBAL CRUZ CARRANZA**, según Resolución N° 0073-2012- **UNSM-T-FE-CF** de fecha **31 de Mayo del 2012**.

Los señores miembros del Jurado, después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran: **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO** y nota **QUINCE (15)**.

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las **21:30pm** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.

Blgo. M.Sc. Astriht Ruiz Ríos
Presidente

Lic. MSc. Fabián Centurión Tapia
Secretario

Ing. Ruben Ruiz Valles
Miembro

Ing. MSc. Santiago Alberto Casas Luna
Asesor

DEDICATORIA.

A DIOS:

*Por darme la familia que tengo y
Permitir que me acompañen en este
Momento.*

A MI MADRE Y PADRE:

*Carmen y segundo quienes me dieron la
Vida y han sido el motor quienes me han
Empujado a continuar todos estos años y
Por acompañarme en los buenos y malos
Momentos y gracias por su infinito amor,
Cariño, comprensión y apoyo incondicional
He podido llegar hasta este momento en mi
Vida y poder lograr una de mis metas.*

A MIS HERMANOS:

CRISTIAN, JEMM, MAICO, THALIA, ARIANA

*Por apoyarme con sus consejos para poder lograr
Esta meta y terminar mi carrera gracias hermanos
Son muy importante ustedes en mi vida.*

AGRADECIMIENTO:

*A la UNSM-I y la FECOL por abirme las puertas
De la escuela profesional de ingeniería ambiental,
Por formarme profesionalmente con su espíritu
De servicio a la comunidad y elevadas normas
Éticas y donde he pasado gran parte de mi vida
Por eso agradezco a la institución y ofrecerle
Todo mi esfuerzo para poner muy en alto su
Nombre en donde quiera que me encuentre.*

A MI ASESOR DE TESIS:

Ing. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA

Por sus consejos, tiempo y apoyo incondicional

En la elaboración de esta tesis.

A LOS MIEMBROS DEL JURADO:

*Por sus consejos y valiosa colaboración durante
La revisión de esta tesis y por su amistad brindada
La cual continuara aun cuando ya haya egresado.*

**A mis compañeros y amigos por el tiempo que hemos compartido y la confianza
que me han dado, nunca los olvidare.**

INDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. GENERAL.....	3
1.3.2. ESPECIFICOS.....	3
1.4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
1.4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.4.2. BASES TEÓRICAS.....	7
1.4.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	26
1.5. VARIABLES.....	27
1.5.1. DEPENDIENTES:.....	27
1.5.2. INDEPENDIENTES:.....	27
1.6. HIPÓTESIS.....	27
II. MARCO METODOLOGICO.....	28
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	28
2.1.1. DE ACUERDO A LA ORIENTACIÓN.....	28
2.1.2. DE ACUERDO A LA TÉCNICA DE CONTRASTACIÓN.....	28
2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	28
2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	28

2.3.1. POBLACIÓN:	28
2.3.2. MUESTRA:	28
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	29
2.4.1. LAS TÉCNICAS.	29
2.4.2. LOS INSTRUMENTOS.	29
2.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	30
III. RESULTADOS	35
3.1. RESULTADOS	35
3.2. DISCUSIONES.....	55
3.3. CONCLUSIONES.....	56
3.4. RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS.....	59
panel fotografico.....	62

RESUMEN

El estudio del aprovechamiento de agua de lluvia: caso facultad de ecología de la Universidad Nacional De San Martín- Tarapoto "UNSM-T", tiene el propósito de determinar la oferta hídrica generada por la precipitación (agua de lluvia) y consecuentemente analizar las posibilidades de uso y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico. La Sub-Región del Alto Mayo, Departamento de San Martín- Perú, Ubicado en el Nor-Oriente de la Amazonia Peruana, es una zona de alta precipitación (1720.9 mm), pero de insuficiente disponibilidad de agua para aprovechamiento poblacional, además la precipitación, en la zona de estudio, tiene características muy diferenciadas en cuanto a la intensidad, duración y frecuencia.

Además el incremento de la población estudiantil es cada año más que el anterior y se encuentra distribuida entre los diferentes ciclos académicos de ambas escuelas académicas y además, el personal administrativo, docentes y entre otros.

La finalidad del siguiente proyecto es demostrar el ahorro potencial del aprovechamiento de agua de lluvia para casos institucionales poblaciones rurales y urbanas.

La sustentabilidad es uno de los motivos por los cuales el aprovechamiento del agua de lluvia se ha vuelto popular recientemente. Es una manera responsable de diseñar paisajes y jardines. La presencia del agua de lluvia de los proyectos de aprovechamiento ayuda a limitar la erosión del suelo, las escorrentías y la contaminación del agua. Es un paso hacia la autosuficiencia local que reduce la necesidad de importar agua de recursos externos no sustentables. Además, le da a las personas una lección concreta acerca del uso y la conservación del agua, ya que puede ver claramente cuánta agua produce el clima local.

ABSTRACT

The study of the use of rainwater: I annul faculty of ecology of St. Martin Tarapoto's National University UN-SAMARIUM T, it has the purpose to determine the hydric offer generated by precipitation (rainwater) and consistent mind to analyze the possibilities of use and sustainable use of the water resource. San Martin Peru's, Ubicado's Sub-Region of the High May, Departamento in the Nor Orient of the Peruvian Amazonia, is a zone of high precipitation (1720,9 mm), but of insufficient availability of water for population use, besides precipitation, in the survey area, has characteristics very told apart as to intensity, duration and frequency.

Besides the increment of the student population is every year more than the previous one and he finds itself distributed between the different academic cycles of both academic schools and besides, the administrative staff, teachers and among others.

The purpose of the following project is demonstrating the potential saving of the use of rainwater for institutional cases rural populations and traffic policemen.

The sustentabilidad is one of the motives why the use of rainwater has become popular recently. It is a responsible way to design landscapes and gardens. The presence of the rainwater of the projects of use helps to limit the soil erosion, run-offs and the water pollution. A step toward the local self-sufficiency that reduces the need to be important is external- resources water not sustainable. Furthermore, the people get a concrete lesson about the use and the conservation of water, since he can see water clearly how much he produces the local climate.



I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema:

El agua del mundo existe de manera natural bajo distintas formas y en distintos lugares: en el aire, en la superficie, bajo el suelo y en los océanos, pero sólo el 2.5% del agua total es agua dulce, aunque de éste valor no todo está disponible, pues únicamente el 0.4% del agua dulce está en condiciones aptas para ser utilizadas por los seres vivos. Éste pequeño valor, equivalente a $35\,029.210\text{Km}^3$ de agua (IDEAM) se ve claramente afectado por diversos factores que ponen en riesgo la sostenibilidad del recurso para garantizar el abastecimiento de las poblaciones, en donde la combinación de factores naturales y la acción del ser humano origina presiones sobre el mismo. Adicionalmente, el cambio climático y la variabilidad natural en la distribución y la presencia del agua, son las fuerzas naturales que complican dicho desarrollo sostenible. Algunas de los principales factores que afectan al recurso hídrico son:

- El crecimiento de la población, en especial en regiones con escasez de agua.
- Grandes cambios demográficos a medida que la población se desplaza de entornos rurales a urbanos.
- Mayores demandas de seguridad alimentaria y de bienestar socioeconómico.
- Mayor competencia entre usuarios y usos.
- Contaminación de origen industrial, municipal y agrícola.

El desequilibrio y la racionalización del servicio en nuestra ciudad, nos motiva a desarrollar la presente investigación, cuyo planteamiento del problema se sintetiza en la interrogante siguiente: **¿Cuál es el potencial del aprovechamiento de agua de lluvia en la Facultad de Ecología-Moyobamba?**

1.2. Justificación e Importancia:

Como temas importantes para investigar y considerar la implementación de las técnicas de captación de agua de lluvia, según mención de la FAO (1987) y el Banco Mundial (1988), son:

- Uniformizar la terminología y técnicas en el diseño de los sistemas de captación de agua de lluvia.
- Establecer bancos de datos regionales y nacionales de información sobre nuevos y antiguos sistemas de captación de agua de lluvia, así sobre el clima, hidrología, geomorfología, uso de la tierra, etc, así como fortalecer a las instituciones relacionadas y desarrollar principalmente sistemas de captación de agua de lluvia con la experiencia local de técnicas tradicionales.
- Integrar sistemas de captación de agua dentro del paquete de soluciones para contrarrestar el problema del medio ambiente, sequía y sobrepoblación y dar atención a los aspectos sociales (adopción y participación), económicos (costos y beneficios) y ambientales en la planificación y en el monitoreo de los sistemas de captación de agua de lluvia.
- Ante la presencia de lluvias significativas en la región de la amazonia peruana, y la demanda insatisfecha del servicio de agua para consumo humano doméstico y otros en ámbitos urbanos y rurales, es muy importante el estudio y evaluación de aprovechamiento potencial del agua de lluvia a través de sistemas de micro captación.

1.3. OBJETIVOS:

1.3.1. Objetivo General:

- Evaluar el potencial de aprovechamiento del agua de lluvia como alternativa de ahorro de agua potable, en la FECOL-UNSM.T.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Evaluar la oferta hídrica proveniente de la precipitación.
- Evaluar el potencial de ahorro de agua potable implementando un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias.
- Evaluar el impacto ambiental ocasionado por el potencial del ~~aprovechamiento de agua de lluvia.~~

1.4. Fundamentación Teórica:

1.4.1. Antecedentes de la Investigación:

Diversas formas de captación de agua de lluvia se han utilizado tradicionalmente a través de los siglos. Pero estas técnicas se han comenzado a estudiar y publicar técnica y científicamente, sólo en época reciente.

Muchas de las obras históricas de captación de agua de lluvia para uso doméstico se originaron principalmente en Europa y Asia.

En base a la distribución de los restos de estructuras de captación de agua de lluvia y el persistente uso de estas obras en la historia, se puede asumir que las técnicas de captación de agua de lluvia desempeñaban un papel importante en la producción agrícola y la vida en general en las zonas áridas y semiáridas en diversas partes del mundo. Parte de la agricultura en el Medio Oriente, estaba basada en técnicas como derivación de torrentes (wadi). En el Desierto de Negev, en Israel, han sido descubiertos sistemas de captación de agua de lluvia que datan de 4 000 años o más. Estos sistemas consistieron en el desmonte de lomeríos para aumentar la escorrentía superficial, que era entonces dirigida a predios agrícolas en las partes bajas. En el sur este de Túnez se utilizaron técnicas de micro captación para el crecimiento de árboles. Técnicas parecidas se practicaron por todo una vasta región del sur oeste del Estados Unidos, noreste de México y en el Altiplano de México Central y Sur (FAO, 1987; FAO, 1990; UNEP, 1979).

Aunque, las experiencias en captación de agua de lluvia de los países como Israel,

Estados Unidos y Australia, pueden ser utilizadas con adaptaciones en América Latina y el Caribe, muchas de estas experiencias y últimas investigaciones tienen una limitada relevancia a áreas con productores pobres en las zonas áridas y semiáridas de la Región. En Israel, por ejemplo, el énfasis de la investigación está en los aspectos hidrológicos de micro captación para árboles frutales como almendros y pistachos. En

los Estados Unidos y Australia, la captación de agua de lluvia se aplica principalmente para abastecer de agua a la ganadería y al consumo doméstico; la investigación está dirigida principalmente hacia lograr incrementos en la escorrentía superficial a través de tratamientos en las áreas de captación. No obstante, cabe mencionarse las experiencias de México (Anaya M., 1994), Brasil (Porto R. y Silva A., 1988), y las técnicas de captar agua de nieblas desarrolladas en Chile y Perú (Schemenauer S. y Cereceda P., 1993).

AUSTRALIA:

- 30.4 % de la población en zonas rurales y el 6.5% en las ciudades utilizan algún SCALL.
- 13 % de las casas que cuentan con un SCALL, utiliza el agua para beber y cocinar.

BANGLADESH:

- Desde 1977, ha instalado cerca de 1,000 SCALL por Organizaciones No Gubernamentales (ONG's) utilizando tanques de concreto reforzado y de mampostería, con un costo que varía entre \$50 y \$150 USD.
- Son comunes: tanques de concreto reforzado y de mampostería, cisternas y tanques subterráneos.

TOKIO, JAPÓN:

- Utiliza SCALL para mitigar la escasez de agua, controlar inundaciones y asegurar agua para situaciones de emergencia.

ALEMANIA:

- Cada año incorpora 50 mil SCALL como parte de su política pública, ya que la oferta de agua no crece al ritmo de las aglomeraciones urbanas, utilizando cubiertas de edificios, calles y vías peatonales.

BRASIL:

- En la década pasada, inició un proyecto cuyo objetivo era construir 1 millón de tanques para la recolección de agua de lluvia, a través de ONG's para beneficiar a 5 millones de personas, utilizando estructuras de concreto reforzado.

ESTADOS UNIDOS:

- Los SCALL son empleados en 15 estados de este país siendo Texas el estado donde más se utilizan; cuenta con alrededor de 50 compañías especializadas en el diseño de SCALL.
- El costo de los sistemas varía entre los US\$5000 y US\$8000 (dólares de EE.UU.) dependiendo del tamaño de la cisterna de almacenamiento.

1.4.2. Bases Teóricas:

El Agua:

Del latín *aqua*, es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. El término agua generalmente se refiere a la sustancia en su estado líquido, pero la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en forma gaseosa denominada vapor. (*Baroni, 2007*).

Cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre. Se localiza principalmente en los océanos donde se concentra el 96,5% del agua total, los glaciares y casquetes polares poseen el 1,74%, los depósitos subterráneos (acuíferos), los glaciares continentales suponen el 1,72% y el restante 0,04% se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos. Se estima que aproximadamente el 70% del agua dulce es usada para agricultura. El agua en la industria absorbe una media del 20% del consumo mundial, empleándose en tareas de refrigeración, transporte y como disolvente de una gran variedad de sustancias químicas. El consumo doméstico absorbe el 10% restante. (*Baroni, 2007*).

El agua es esencial para la mayoría de las formas de vida conocidas por el hombre, incluida la humana. El acceso al agua potable se ha incrementado durante las últimas décadas en la superficie terrestre. Sin embargo estudios de la FAO, estiman que uno de cada cinco países en vías de desarrollo tendrá problemas de escasez de agua antes de 2030; en esos países es vital un menor gasto de agua en la agricultura modernizando los sistemas de riego. (*Park, 2007*).

Tipos de agua:

El agua se puede presentar en tres estados siendo una de las pocas sustancias que pueden encontrarse en sus tres estados de forma natural. El agua adopta formas muy distintas sobre la tierra: como vapor de agua, conformando nubes en el aire; como agua marina, eventualmente en forma de icebergs en los océanos; en glaciares y ríos en las montañas, y en los acuíferos subterráneos su forma líquida. El agua recibe diversos nombres, según su forma y características:

Según su estado físico:

- Hielo (estado sólido).
- Agua (estado líquido).
- Vapor (estado gaseoso). (*Camilloni y Vera, 2006*).

Según sus usos:

- Agua entubada.
- Agua embotellada.
- Agua potable – la apropiada para el consumo humano, contiene un valor equilibrado de minerales que no son dañinos para la salud.
- Agua purificada – corregida en laboratorio o enriquecida con algún agente – Son aguas que han sido tratadas para usos específicos en la ciencia o la ingeniería. Lo habitual son tres tipos:
 - Agua destilada.
 - Agua de doble destilación.
 - Agua des - ionizada. (*Camilloni y Vera, 2006*).

Características Físicas y Químicas del Agua:

El agua es una sustancia que químicamente se formula como H_2O ; es decir, que una molécula de agua se compone de dos átomos de hidrógeno enlazados covalentemente a un átomo de oxígeno. Las características físicas y químicas más notables del agua son:

Sabor y olor:

En cuanto al sabor del agua, la ausencia de este no proporciona garantía de que esté libre de gérmenes patógenos o de algunas sustancias químicas inorgánicas tóxicas. *(Curso de cata de aguas 2009 – 2010).*

En cuanto al olor del agua, este se debe predominantemente a la presencia de sustancias orgánicas o de tipo industrial. El olor en el agua tratada casi invariablemente está indicando alguna forma de contaminación en la fuente de agua o deficiencias en el sistema de tratamiento o distribución. *(Curso de cata de aguas 2009 – 2010).*

Turbidez:

La turbidez del agua se debe a la presencia de materia en suspensión, tales como arcillas, sedimentos, partículas orgánicas coloidales, plancton y otros organismos microscópicos. La turbidez también produce olor y sabor, pudiendo tener un efecto significativo en la calidad microbiológica del agua potable. *(Torres, 2011).*

Una turbidez excesiva puede:

- Proteger a los microorganismos de la acción de los desinfectantes
- Estimular el crecimiento de bacterias en el agua.
- Ejercer una significativa demanda de cloro. *(Torres, 2011).*

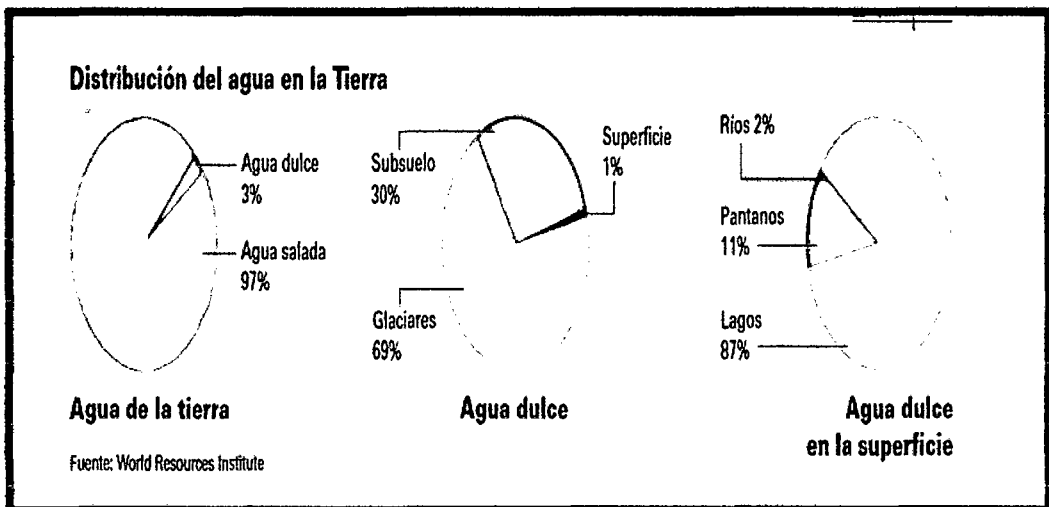
Conductividad y Resistividad:

La conductividad es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad y es un indicador de la materia ionizable total (aniones y cationes) presente en el agua. La resistividad es la medida recíproca de la conductividad. (Torres, 2011).

Distribución del Agua en la Tierra:

La superficie de la Tierra está constituida por Los océanos y los mares cubren casi las tres cuartas partes de la superficie terrestre. Su volumen total supone el 97 % del agua que hay en la Tierra, mientras que las aguas dulces (ríos y lagos) apenas llegan al 3%. El agua que se encuentra en la Tierra se puede dividir en dos grandes grupos: las aguas oceánicas y las aguas continentales. (Villanueva, 2001).

Imagen N°01, Distribución del agua en la tierra.



Calidad del Agua en el Mundo:

La distribución desigual de los recursos hídricos en tiempo y espacio y los cambios provocados por el uso y abuso que ha hecho el ser humano de ellos, son fuentes de crisis hídricas en numerosas partes del mundo. En muchas zonas se ha producido un aumento de los extremos hidrológicos. Por una parte, las fuertes inundaciones pueden causar un gran número de muertes y de pérdidas materiales. Por otra, en el siglo pasado aumentó la intensidad de las sequías con un número creciente de personas afectadas.

En todo el mundo las redes de observación de los recursos hídricos se han revelado insuficientes para las necesidades de gestión actuales y del futuro y están en retroceso. La información de la que se dispone es insuficiente para entender y predecir la cantidad y calidad actual y futura del agua y los protocolos políticos y los imperativos para compartir la información son inadecuados. (*Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos, 2006*).

Debido a la creciente explosión demográfica la escasez y deterioro la calidad del agua está afectando la salud y el bienestar de la población en países en vías de desarrollo. Actualmente, 31 países de África y el Medio Oriente, enfrentan severas limitaciones con relación a este vital líquido. (*IV Foro Mundial del Agua, 2006*).

La disminución de agua dulce en adecuada calidad y cantidad está surgiendo como uno de los problemas más críticos que enfrenta la humanidad, se está extrayendo agua de ríos, lagos y acuíferos más rápidamente de lo que demoran en renovarse los cuerpos de agua. Otro gran problema es la contaminación que afecta significativamente la calidad del agua. El agua de lluvia, componente esencial del ciclo hidrológico representa un elemento que debería aprovecharse integralmente, debido a que ha pasado por un proceso natural de purificación. (*IV Foro Mundial del Agua, 2006*).

Factores que influyen en la Calidad del Agua:

Cambio climático. Está demostrado que el clima global está cambiando y que la actividad humana es en parte responsable de este cambio. Los principales efectos del cambio climático en los individuos y en el medio ambiente se dejan notar en el agua. El cambio climático es el principal motor de los cambios sufridos por los recursos hídricos y un factor de estrés adicional por sus efectos sobre los motores externos. Las políticas y las prácticas encaminadas a mitigar o a adaptarse al cambio climático pueden tener un impacto sobre los recursos hídricos y el modo de gestionarlos puede afectar al clima. *(Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos, 2006).*

Contaminación del Agua. Es la incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

Los principales contaminantes del agua son: aguas residuales, agentes infecciosos, nutrientes vegetales, productos químicos, petróleo, minerales inorgánicos, compuestos químicos, sedimentos formados por las partículas del suelo y arrastrados, sustancias radiactivas y el calor. *(Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos, 2006).*

Agua para Consumo Humano:

Proporcionar acceso universal al agua es uno de los grandes desafíos del desarrollo que enfrenta la comunidad internacional a comienzos del siglo XXI. El acceso restringido constituye un freno al crecimiento económico, una fuente de profundas desigualdades basadas en la riqueza y el género y una de las principales barreras al rápido avance hacia los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Países enteros están retrasando su avance por la letal interacción entre la inseguridad del agua y la pobreza. *(Informe Sobre Desarrollo Humano, 2006).*

La importancia del agua para consumo humano y para la salud ha sido conocida desde la antigüedad, pero su demostración científica solo fue posible a contar de los estudios sobre el cólera efectuados por el Dr. Snow en Londres (1854) y el Dr. Koch en Hamburgo (1892). (*Herreda, 2013*).

Características del Agua para Consumo Humano:

Las tecnologías de los sistemas de agua potable y las medidas de control sanitario correspondientes, permitieron rebajar las tasas de enfermedad y muerte debido a agentes patógenos transmitidos por el agua, ya que los procesos de tratamiento establecieron barreras contra estos, asegurando una calidad microbiológica apropiada. Además se debe cumplir con requisitos de aceptabilidad, ya que se debe ofrecer un agua clara y con características aceptables de sabor, olor, temperatura y color. (*Herreda, 2013*).

Origen de la precipitación

Se produce por la condensación del vapor de agua, contenido en las masas de aire que se origina cuando dichas masas de aire son forzadas a elevarse y enfriarse. Para que se produzca la condensación es preciso que el aire se encuentre saturado de humedad y que existan núcleos de condensación. (*Casas, 2000*).

El aire está saturado si contiene el máximo posible de vapor de agua. Su humedad relativa es entonces del 100 por 100. El estado de saturación se alcanza normalmente por enfriamiento del aire, ya que el aire frío se satura con menor cantidad de vapor de agua que el aire caliente. Así, por ejemplo, 1 m³ de aire a 25 °C de temperatura, cuyo contenido en vapor de agua sea de 11 g, no está saturado; pero los 11 g lo saturan a 10 °C, y entonces la condensación ya es posible.

Los núcleos de condensación (que permiten al vapor de agua recuperar su estado líquido), son minúsculas partículas en suspensión en el aire: partículas que proceden de los humos o de microscópicos cristales de sal que acompañan a la evaporación de las nieblas marinas. Así se forman las nubes. La pequeñez de las gotas y de los cristales les permite quedar en suspensión

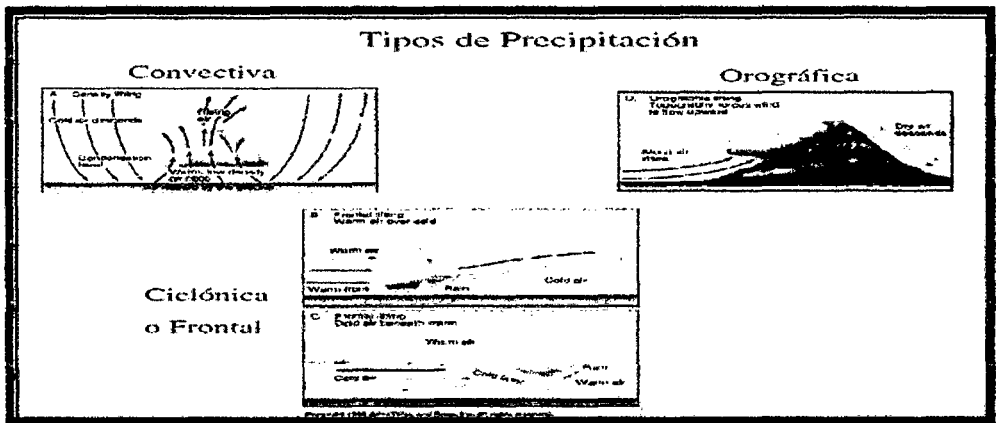
en el aire y ser desplazadas por los vientos. Se pueden contar 500 por cm^3 y, sin embargo, 1 m^3 de nube apenas contiene tres gramos de agua. (Casas, 2000).

Medición de la Precipitación:

Los instrumentos más frecuentemente utilizados para la medición de la lluvia y el granizo son los pluviómetros y pluviógrafos, estos últimos se utilizan para determinar las precipitaciones pluviales de corta duración y alta intensidad. Estos instrumentos deben ser instalados en locales apropiados donde no se produzcan interferencias de edificaciones, árboles, o elementos orográficos como rocas elevadas.

La precipitación pluvial se mide en mm, que equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría con la precipitación de un litro de lluvia sobre una superficie plana e impermeable, de 1 m^2 . A partir de 1980 se está popularizando cada vez más la medición de la lluvia por medio de un radar meteorológico, los que generalmente están conectados directamente con modelos matemáticos que permiten determinar la lluvia en una zona y los caudales en tiempo real, en una determinada sección de un río en dicha zona. (Casas, 2000).

Imagen N°02. Tipos de precipitación.

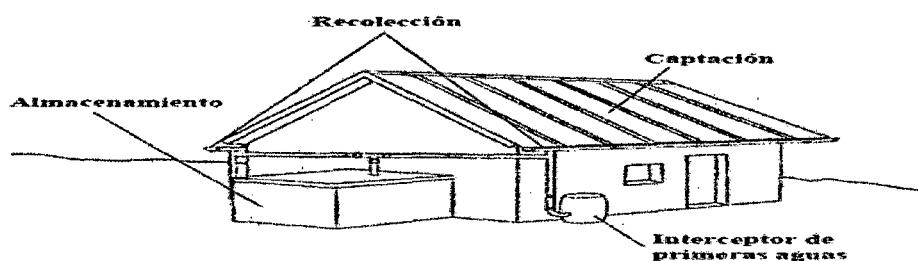


DEFINICIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA:

Un sistema básico está compuesto por los siguientes componentes:

- a. Captación
- b. Recolección
- c. Interceptor de primera aguas
- d. almacenamiento.
- e. Sistema de filtración rápida
- f. Red de distribución de agua lluvia (sistema de bombeo).

Imagen N°03. Sistema típico de captación de agua lluvia en techos.



Fuente: Guía de Diseño para Captación de Agua de Lluvia. CEPIS, 2004.

a). Captación:

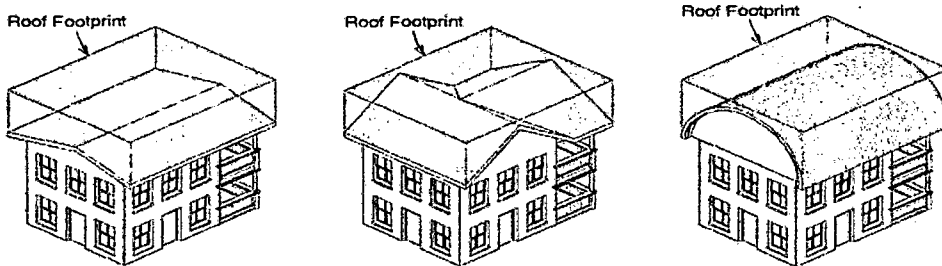
Es la superficie destinada para la recolección del agua lluvia. La mayoría de los sistemas utilizan la captación en los techos, los cuales deben tener adecuada pendiente (no inferior al 5%) y superficie, que faciliten el escurrimiento del agua lluvia hacia el sistema de recolección.

Los materiales empleados para los techos pueden ser las tejas de arcilla, madera, paja, cemento, entre otros. Los techos de cemento y de teja son los más comunes debido a su durabilidad, el precio relativamente bajo y porque proveen agua de buena calidad; los que tienen compuestos de asfalto, amianto o los que están pintados se recomienda utilizarlos sólo cuando el agua captada no es para consumo humano, ya que pueden lixiviar materiales tóxicos en el agua lluvia (Abdulla y Al-Shareef).

Los coeficientes de escorrentía a ser aplicados según el material constructivo del techo son:

- ✓ Calamina metálica 0.90
- ✓ Tejas de arcilla 0.80-0.90
- ✓ Madera 0.80-0.90
- ✓ Paja 0.60-0.70
- ✓ Concreto 0.60-0.80

Imagen N°04. Áreas de captación para tres tipos diferentes de techos



Fuentes: The Texas Manual on Rainwater Harvesting. Texas Water Development Board.2005.

b). Recolección y Conducción:

Es el conjunto de canaletas adosadas en los bordes más bajos del techo, con el objeto de recolectar el agua lluvia y de conducirla hasta el sitio deseado. Las canaletas se deben instalar con una pendiente no muy grande que permitan la conducción hasta los bajantes. 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. Para tal objetivo se pueden emplear materiales como el bambú, la madera, el metal o el PVC. Se recomienda que el ancho mínimo de la canaleta sea de 75mm y el máximo de 150mm.

$$Q = AV = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

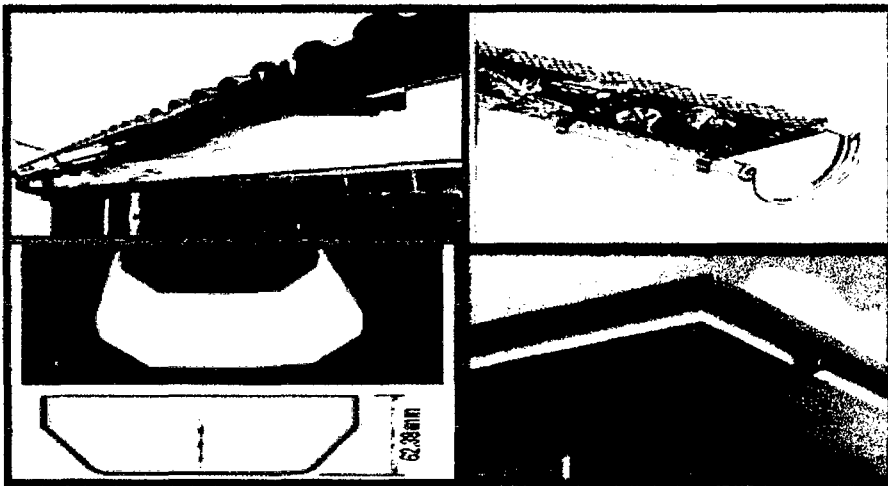
Q = flujo de la canaleta en m³/s

A = área de la sección transversal en m²

n = coeficiente de rugosidad de la canaleta = 0.01 a 0.15 (tabla del coeficiente de rugosidad n de manning, ver techow)

R = radio hidráulico en $M= A/P$ donde p = perímetro mojado en m y S = pendiente

Imagen N°05. Tipos de canaletas para recolección de agua lluvia:



Fuente: Elaboración propia.

c).Interceptor

Es el dispositivo dirigido a captar las primeras aguas lluvias correspondientes al lavado del área de captación, con el fin de evitar el almacenamiento de aguas con gran cantidad de impurezas. En el diseño del dispositivo 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. Se debe tener en cuenta que el agua recolectada temporalmente por el interceptor, también puede utilizarse para el riego de plantas o jardines.

El interceptor consta de un tanque, al cual entra el agua por medio de los bajantes unidos a las canaletas. El tanque interceptor debe contar con una válvula de flotador que permita su llenado, cuando éste alcance el nivel deseado, la válvula impedirá el paso del agua hacia el interceptor y la dirigirá hacia el tanque de almacenamiento. Adicionalmente debe tener una válvula de purga en la parte inferior del tanque para hacer el mantenimiento después de cada lluvia.

d). Almacenamiento:

Es el depósito destinado para la acumulación, conservación y abastecimiento del agua lluvia a los diferentes usos. La unidad de almacenamiento debe ser duradera y debe cumplir con las especificaciones siguientes:

- Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración
- De no más de 2m de altura para minimizar las sobre-presiones
- Con tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar
- Disponer de una escotilla con tapa lo suficientemente grande para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias
- La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje.

Los tipos de tanques de almacenamiento de agua lluvia a ser empleados pueden ser construidos con los siguientes materiales:

- Mampostería para volúmenes menores (100 a 500 L)
- Ferro-cemento para cualquier volumen.
- ~~Concreto reforzado para cualquier volumen.~~
- Pre fabricado como son los rotoplas, eternit. (600 a 25000L).

e).Red de Distribución de Agua Lluvia y Sistema de Bombeo:

Esta red debe ir paralela a la red de acueducto, y debe llegar a los puntos hidráulicos donde se utilizará el agua lluvia, así que deberá protegerse la red de suministro de agua potable con una válvula de cheque para evitar que el agua lluvia se mezcle con el agua potable. El sistema de bombeo distribuirá el agua desde el tanque de almacenamiento hacia las unidades sanitarias requeridas. Se debe tener presente que la tubería de succión de la bomba debe estar al menos 50cm por encima del fondo del tanque para evitar el arrastre de material sedimentado.

INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA:

Adicional a los componentes mencionados, para desarrollar el diseño se debe tener la información pluviométrica de la zona, la cual debe ser de mínimo diez (10) años consecutivos, para tener mayor confiabilidad en el diseño. Adicionalmente, para un mejor análisis de la información se debe tener presente si durante el periodo contemplado se presentaron los fenómenos de El Niño y La Niña, pues dichos fenómenos intervienen directamente con la disponibilidad de agua lluvia, ya sea porque ésta se vuelva escasa o abundante. La información sobre los periodos de dichos fenómenos en el tiempo de evaluación de la zona, se presentan en la Tabla 4.

Determinación de la precipitación promedio mensual: a partir de los datos promedios mensuales de precipitación de los últimos 10 a 15 años se obtiene el valor promedio mensual del total de años evaluados este valor puede ser expresado en mm/mes litros/m²/mes, capaz de ser recolectado en la superficie horizontal del techo según la siguiente ecuación 1:

$$P_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} p_i}{n}$$

Dónde:

P_{pi}: precipitación promedio mensual del mes “i” de todos los años evaluados (mm/mes)

n: número de años evaluados

p_i: valor de precipitación mensual del mes “i”, (mm)

MODELO DE CÁLCULOS:

El desarrollo del diseño consta principalmente de la determinación de la demanda de agua, la oferta relacionada con la precipitación de la zona, el volumen de almacenamiento del agua lluvia, el interceptor de las aguas de lavado del techo, el filtro y la red de distribución de las aguas lluvias. A continuación se presentan los modelos de cálculos para cada componente.

DEMANDA DE AGUA EN EL MES “i” (Di)

La demanda de agua se puede estimar de diferentes maneras, una de ellas, como la plantea el CEPIS, es la siguiente: a partir de la dotación asumida por persona se calcula la cantidad de agua necesaria para atender las necesidades de las personas a ser beneficiadas en cada uno de los meses.

$$Di = \frac{Nu \times Nd \times Dot}{1000}$$

Dónde:

Di: demanda mensual

Nu: número de usuarios que se benefician del sistema (variable, según el mes, como se indicó anteriormente).

Nd: número de días del mes analizado

Dot: dotación (L/persona/día)

La ecuación 2 es efectiva cuando se requiere estimar la demanda de agua total para una vivienda, pero para determinar la demanda requerida únicamente para los sistemas sanitarios y para los lava-escobas se debe afectar la anterior ecuación por el 20% y el 5%, porcentajes estimados por el Departamento Nacional de Planeación (Ballén, Galarza y Ortiz), los cuales corresponden a los porcentajes de consumo de las unidades sanitarias y de los lava-escobas, respectivamente.

Así, la demanda de agua para dichas unidades se determina de la siguiente manera:

$$Di = \frac{Nu \times Nd \times Dot \times 25\%}{1000}$$

Dónde:

Di: demanda mensual (m^3)

Nu: número de usuarios que se benefician del sistema (variable, según el mes, como se indicó anteriormente).

Nd: número de días del mes analizado.

Dot: dotación (L/persona/día) 25%: porcentaje de consumo de sanitarios más lava-escobas.

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.

$$Ai = \frac{Ppi \times Ce \times Ac}{1000}$$

Ppi = precipitación promedio mensual (litros/ m^2)

Ce = coeficiente de escorrentía

Ac = área de captación (m^2)

Ai = oferta de agua en el mes "i" (m^3)

POTENCIAL DE AHORRO DE AGUA POTABLE:

El potencial de ahorro de agua potable se determina de acuerdo con el volumen de agua lluvia posible de ser recolectada y la demanda existente, en un mes, como se expresa en la siguiente ecuación: (Ghisi, Lapolli y Martini).

$$PPWS = 100 \times \frac{VR}{PWD}$$

PPWS: Potencial de Ahorro de Agua Potable (por sus siglas en inglés) (%)

VR ó Ai: Volumen mensual de agua lluvia que puede ser recolectado (m³/mes)

PWD ó Di: Demanda mensual de agua potable (m³/mes).

EL ACUMULADO DE LA OFERTA Y LA DEMANDA EN EL MES "I" PODRÁ DETERMINARSE POR:

$$A_{ai} = A_{a(i-1)} + (P_{pi} \times C_e \times A_c)/1000$$

$$D_{ai} = D_{a(i-1)} + (N_u \times N_{di} \times D_{di})/1000$$

Aai = oferta acumulada al mes "i"

Dai = demanda acumulada al mes "i"

$$V_i (m^3) = A_i(m^3) - D_i(m^3)$$

Vi = volumen del tanque de almacenamiento necesario para el mes "i"

Ai = volumen de agua que se captó en el mes "i"

Di = volumen de agua demandada por los usuarios para el mes "i"

Para ser coherentes con la metodología propuesta por el CEPIS, la cual contempla la acumulación del agua en el tanque de almacenamiento, de acuerdo a su consumo, el potencial se debe determinar con los volúmenes acumulados, es decir, la oferta acumulada de agua lluvia posible de ser recolectada, sobre la demanda acumulada. De ésta manera en la ecuación, VR cambia por Aai y PWD cambia a Dai.

CAUDALES INSTANTÁNEOS Y DIÁMETROS PARA CADA APARATO SANITARIO.

APARATO	CAUDAL l/s	Qi DIAMETRO(pulgadas)
Bañera	0.30	$\frac{3}{4}$
Calentador	0.30	$\frac{3}{4}$
Ducha	0.25	$\frac{1}{2}$
Inodoro tanque	0.15	$1 \frac{1}{2}$
Inodoro fluxómetro	2.50	$\frac{1}{2}$
Lavadero	0.20	$\frac{1}{2}$
Lava escobas	0.30	$\frac{1}{2}$
Lava manos	0.10	$\frac{1}{2}$
Lava platos	0.20	$\frac{1}{2}$
Lavadora	0.25	$\frac{1}{2}$
Orinal sencillo	0.15	$\frac{1}{2}$
Orinal fluxómetro	1.50	$\frac{3}{4}$

Fuente: Elaboración propia.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SCALL:

- **Operación:** la operación de los SCALL es muy sencilla e individual primero el agua de lluvia cae sobre las áreas de captación guiando el agua captada a canales que recogen y conducen el agua hacia un sistema interceptor el cual elimina las primeras aguas con basura, sedimentos y materiales indeseables, el cual se cierra de forma manual o automática y envía el agua hacia un depósito de filtrado antes de entrar al depósito de almacenamiento.
- **Mantenimiento:** depende de los beneficiados del sistema de SCALL a fin de mantener en buen estado el sistema asegurando su eficiencia.
 - ✓ **Área de captación (techo) y canaletas:**
 - controlar el buen estado y limpieza de estos sectores.
 - Limpieza del tanque y tubo de entrada antes de temporada de lluvia.
 - se debe controlar la caída de hojarasca a las canaletas y el área de captación de agua de lluvia.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS:

La captación de agua de lluvia para consumo humano presenta las siguientes ventajas:

- Alta calidad físico química del agua de lluvia.
- Sistema independiente y por lo tanto ideal para comunidades dispersas y alejadas.
- Empleo de mano de obra y/o materiales locales.
- No requiere energía para la operación del sistema.
- Fácil de mantener.
- Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección del agua de lluvia.

A su vez las desventajas de este método de abastecimiento de agua son las siguientes:

- Alto costo inicial que puede impedir su implementación por parte de las familias de bajos recursos económicos.
- La cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar y del área de captación.

FACTIBILIDAD:

En el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia es necesario considerar los factores técnicos, económicos y sociales.

FACTOR TÉCNICO:

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

- a. **Producción u “oferta” de agua;** está relacionada directamente con la precipitación durante el año y con las variaciones estacionales de la misma. Por ello, en el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia es altamente recomendable trabajar con datos suministrados por la autoridad competente y normalmente representada por la oficina meteorológica del país o de la región donde se pretende ejecutar el proyecto.

b. *Demanda de agua;* A su vez, la demanda 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 de 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. 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, debiendo atenderse los aspectos de higiene personal y lavado de ropa por otras fuentes de agua. Así mismo, los costos del sistema propuesto deben ser comparados con los costos de otras alternativas destinadas al mejoramiento del abastecimiento de agua, teniendo presente el impacto que representa la cantidad de agua en la salud de las personas beneficiadas por el servicio de agua.

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. Al efecto, el profesional responsable del estudio debe discutir con la comunidad las ventajas y desventajas de la manera tradicional de abastecimiento de agua y de la tecnología propuesta, buscando que la propia comunidad seleccione lo que más le conviene emplear. Este análisis debe 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.

1.4.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:

- ✓ **SCAPT:** sistema de captación de agua pluvial en techos.
- ✓ **FAO:** organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.
- ✓ **PNUMA:** programa de las naciones unidas para el medio ambiente.
- ✓ **UNESCO:** organización de las naciones unidas para la educación, la ciencia y la cultura.
- ✓ **SCALL:** sistema de captación de agua de lluvia.
- ✓ **PNUD:** programa de las naciones unidas para el desarrollo.
- ✓ **FLA:** filtración lenta en arena lima, PERU.
- ✓ **Ci:** coeficiente de escurrimiento.
- ✓ **n:** coeficiente de rugosidad de la canaleta.
- ✓ **Pm:** perímetro mojado.
- ✓ **S:** pendiente.
- ✓ **Ppi:** precipitación promedio mensual del mes "i" de todos los años calculados.
- ✓ **Ni:** número de años calculados.
- ✓ **Pi:** valor de precipitación mensual del mes "i" (mm).
- ✓ **D̄i:** demanda mensual (m^3).
- ✓ **Nu:** número de usuarios que se benefician del sistema.
- ✓ **Nd:** número de días del mes analizado.
- ✓ **Dot:** dotación (l/persona/día).
- ✓ **Ai:** oferta de agua en el mes "i" (m^3).
- ✓ **Ac:** área de captación (m^2).
- ✓ **Aai:** oferta acumulada al mes "i".
- ✓ **Dai:** demanda acumulada al mes "i".
- ✓ **Vi:** volumen del tanque de almacenamiento necesario para el mes "i".
- ✓ **Ai:** volumen de agua que se captó en el mes "i".
- ✓ **Di:** volumen de agua demandada por los usuarios para el mes "i".
- ✓ **Ppa:** precipitación promedio anual (mm).
- ✓ **PV:** peso vivo.
- ✓ **KgPV:** kilogramo peso vivo.

1.5. VARIABLES:

Variable Dependiente:

x = demanda hídrica.

Variable Independiente:

y = oferta hídrica

1.6. HIPÓTESIS:

- **Hipótesis general:** Si aprovechamos racionalmente el agua de lluvia entonces es significativo en la FECOL.
- **H_1 :** El aprovechamiento de agua de lluvia sí es potencial en la FECOL.
- **H_0 :** El aprovechamiento de agua de lluvia no es potencial en la FECOL.

II. MARCO METODOLÓGICO

2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN:

2.1.1. DE ACUERDO A LA ORIENTACIÓN:

- Básica.

2.1.2. DE ACUERDO A LA TÉCNICA DE CONTRASTACIÓN:

- Descriptiva.

2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

El presente trabajo por ser descriptivo no medita diseño de investigación.

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA:

2.3.1. Población:

- La población es el total del área de la FECOL de la infraestructura nueva que es de 800m².

2.3.2. Muestra :

- En este caso la muestra será el área que se utilizó para demostrar el proyecto el cual es de 82.68m².

2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

Para la recolección de datos se utilizó las siguientes técnicas:

a. Etapa Preliminar:

- Se recopilará información, trabajos de investigación, referencias bibliográficas referentes a aprovechamiento de agua de lluvia, para la elaboración del proyecto de tesis y según el diseño experimental a utilizar para poder demostrar las hipótesis propuestas.
- Se seleccionará y determinará los equipos que serán utilizados en el proyecto.

b. Etapa de Campo:

- Se realizará la delimitación del área de estudio o aprovechamiento del agua de lluvia.
- Se elaborara un mapa del área de estudio.
- Se instalaran las canaletas y dispositivo de almacenamiento del agua de lluvia.
- Se realizara una encuesta antes y después del proyecto para determinar el grado de satisfacción de la población estudiantil.
- Mediciones en días de precipitación.

c. Etapa de Gabinete:

- Sistematización de los resultados.
- Análisis y discusión de resultados.
- Conclusiones y recomendaciones.
- Elaboración del informe final.

INSTRUMENTOS UTILIZADOS:	
- GPS	- IMPRESORA
- CASCO	- TABLERO DE CAMPO
- GUANTES	- CUADERNO DE CAMPO
- COMPUTADORA	- ROTOPLAS
- WUINCHA (5M)	- ACCESORIOS
- CAMARA FOTOGRAFICA DIGITAL	- MATERIALES PARA LA IMPLEMENTACION

2.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS:

Es mediante el método de observación, documental.

Mediante la técnica de observación se determinó lo siguiente:

Para la elaboración del proyecto de tesis se escogió la facultad de ecología de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN- TARAPOTO, la cual está ubicada en el distrito de Moyobamba departamento de san Martín región san Martín. En la actualidad cuenta con 615 personas entre estudiantes, profesores y empleados. La institución cuenta con servicios de agua potable, alcantarillado y electricidad, los cuales son prestados por Las Empresas privadas existentes en el distrito y son pagados por la institución.

La infraestructura de la Institución está compuesta por las siguientes características, los cuales cuentan con:

AMBIENTES	UND
AULAS	12 ambientes
SALA DE COMPUTO	1 ambiente
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES (DACA)	1 ambiente
SECRETARIA	1 ambiente
LABORATORIOS	2 ambientes
BIBLIOTECA	1 ambiente
COMEDOR	1 ambiente
SERVICIOS HIGIÉNICOS	4 ambientes
TOTAL	22 ambientes

Fuente: Elaboración Propia.

2.6. COMPONENTES DEL SISTEMA:

Los componentes utilizados para el desarrollo del proyecto son los descritos en el marco teórico, pero debido a que el diseño no contempla el consumo humano como uso principal del agua lluvia captada y como la precipitación de la zona es alta y constante, la contaminación de los techos se estará removiendo continuamente, por lo tanto se omitirá el componente del filtro para éste trabajo, pues al garantizar que el agua de

las primeras lluvias se intercepte y no sea almacenada, el agua podrá ser utilizada para los usos no potables mencionados sin afectar las condiciones hidráulicas ni los materiales de los aparatos sanitarios . En caso de que en un futuro se quiera aprovechar las aguas lluvias para consumo humano, se debe instalar entonces, un sistema de filtración, seguido de un sistema de tratamiento (desinfección). De ésta manera, los componentes seleccionados y su descripción se detallan a continuación:

2.6.1. Captación:

En este caso la captación se realizará en uno de los techos de la Institución Educativa, los cuales tienen adecuada pendiente (20%) y superficie que facilitan el escurrimiento del agua lluvia hacia el sistema de recolección.

El material de los techos de la Institución Educativa es de concreto, los cuales tienen la ventaja de tener una buena superficie y además se encuentran en buen estado lo cual facilita el aprovechamiento de agua de lluvia. La geometría del techo de donde se instaló el sistema para la ejecución y evaluación del proyecto de tesis, se presenta la siguiente imagen del área de aprovechamiento de agua de lluvia.

2.6.2. Recolección y Conducción:

La Institución ya cuenta con canaletas en la misma infraestructura (imagen N°02) luego se conduce por un tubo PVC de 3", que recolectan y conducen el agua lluvia del área proyectada hacia el tanque de almacenamiento, por lo tanto para éste diseño no se tendrá en cuenta la instalación de nuevas canaletas, pero sí se complementarán los bajantes para conducirlos hacia el tanque de almacenamiento. Adicionalmente se instalará en las canaletas, una malla que retenga los sólidos más gruesos como las hojas, los palos, entre otros.

2.6.3. Almacenamiento:

El tanque de almacenamiento para este proyecto es de una capacidad de mil cien litros (1100lts).

2.6.4. Red de Distribución:

Esta red debe ir paralela a la red de acueducto, pero debido a la poca información suministrada por la Institución acerca de las redes de acueducto, la red de distribución de agua lluvia será supuesta, de acuerdo con la ubicación del tanque de almacenamiento y el sistema de bombeo. Para éste diseño dicha red sólo llegará a los puntos hidráulicos donde se utilizará el agua lluvia, es decir, sanitarios, orinales y lava-escobas, pero la red existente que abastece dichas unidades continuará suministrando agua potable, en los meses en los que el agua lluvia no alcanza a cubrir la demanda completa, así que deberá protegerse la red de suministro de agua potable con una válvula de cheque para evitar que el agua lluvia se mezcle con el agua potable.

INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA:

La información recolectada de precipitación para el estudio de este proyecto fue obtenida por el mismo tesista durante, un lapso de tiempo de cuatro meses y además con el apoyo de la estación meteorológica de la ciudad de Moyobamba.

MODELO DE CÁLCULOS:

Los parámetros básicos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del diseño fueron los siguientes, según la metodología mencionada en el marco teórico:

- ✓ Número de personas en la institución educativa (Nu)= Aunque en la institución hay 615 personas, se debe tener en cuenta que durante las épocas de vacaciones este valor disminuye, por lo tanto la demanda varía para los meses de diciembre, enero, febrero julio y agosto.
- ✓ Tipo de material del área de captación: es de concreto.
- ✓ Coeficiente de escorrentía (Ce)=
0.8 (CEPIS [6])
- ✓ Dotación para alumno (Dot)= 40 L/hab/día (Melguizo [23])
- ✓ Área de captación (Ac)= 82.68 m² (área que se utilizó para la elaboración del proyecto de tesis, la cual es menor al área útil de techos). El área captada se muestra en el plano anexo.

La determinación de la precipitación promedio mensual, la demanda (total y acumulada), la oferta (total y acumulada), el volumen de almacenamiento, el potencial de ahorro de agua potable y la red de distribución con el sistema por gravedad fueron calculados con las siguientes fórmulas:

- ✓ Coeficiente de escorrentía (Ce)=
0.8 (CEPIS [6])
- ✓ Dotación para alumno (Dot)= 40 L/hab/día (Melguizo [23])
- ✓ Área de captación (Ac)= 82.68 m² (área que se utilizó para la elaboración del proyecto de tesis, la cual es menor al área útil de techos). El área captada se muestra en el plano anexo.

La determinación de la precipitación promedio mensual, la demanda (total y acumulada), la oferta (total y acumulada), el volumen de almacenamiento, el potencial de ahorro de agua potable y la red de distribución con el sistema por gravedad fueron calculados con las siguientes formulas:

$$P_{ri} = \frac{\sum_{i=1}^{12} p_i}{n}$$

$$D_i = \frac{N \times N_d \times \text{Dot}}{1000}$$

$$D_i = \frac{N \times N_d \times \text{Dot} \times 25\%}{1000}$$

$$A_i = \frac{P_{pi} \times C_e \times A_c}{1000}$$

$$PPWS = 100 \times \frac{VR}{PWD}$$

$$A_{ai} = A_{a(i-1)} + (P_{pi} \times C_e \times A_c) / 1000$$

$$D_{ai} = D_{a(i-1)} + (N \times N_{di} \times D_{di}) / 1000$$

$$V_i (m^3) = A_i (m^3) - D_i (m^3)$$

III. RESULTADOS

3.1. RESULTADOS

3.1.1. Evaluación de la oferta hídrica proveniente de la precipitación.

3.1.2. Presentación, Análisis e Interpretación de los Datos.

Para poder obtener datos, y lograr el objetivo se realizó una carta pidiendo los datos de consumo de agua potable de la FECOL correspondientes al año 2013 y los meses transcurridos del año 2014 a la empresa prestadora de servicios (EPS-Moyobamba). También se realizó un análisis detallado de la precipitación diaria de los meses de febrero, marzo, abril y mayo del año 2014 de los cuales se tendrá un análisis detallado contando con un tanque de almacenamiento de 1100 lts. Obteniendo así los resultados presentados a continuación:

3.1.2.1. Presentación promedio mensual (Ppi).

De acuerdo a la ecuación 1, la precipitación promedio mensual (sin tener en cuenta la evaporación), expresada en mm, equivale a la precipitación promedio mensual en litros por metro cuadrado, pues se requiere de 1mm de agua para mojar $1m^2$ de área los valores obtenidos de precipitación que son evaluados con proyección para el proyecto se realizó analizando los datos proporcionados por la estación meteorológica de la ciudad de Moyobamba correspondientes al año dos mil trece 2013 lo cual se obtuvo los siguientes resultados.

Cuadro N°01: precipitación promedio mensual en litros por metro cuadrado para los meses del año analizado con proyección al área evaluada en el proyecto.

MESES DEL AÑO 2013 A PROYECTAR	Ppi
ENERO	137.9
FEBRERO	105.4
MARZO	307.8
ABRIL	105.2
MAYO	117.7
JUNIO	39.7
JULIO	50.1
AGOSTO	138.5
SEPTIEMBRE	114.5
OCTUBRE	113.0
NOVIEMBRE	88.8
DICIEMBRE	112.8

Fuente: elaboración propia según datos obtenidos en la estación meteorológica de Moyobamba del año 2013.

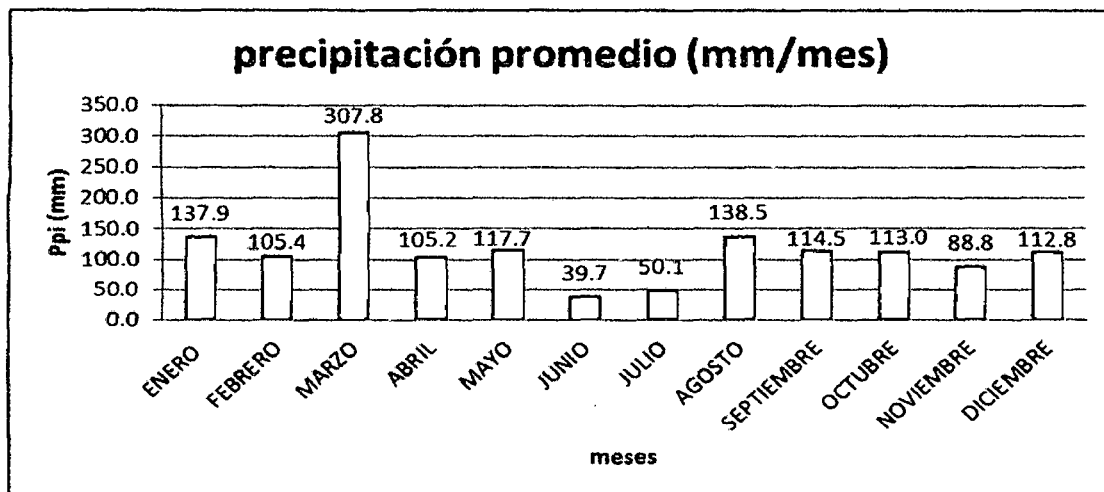
$$\text{ecuación N}^\circ 1: P_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n}$$

Cuadro N°02: precipitación promedio mensual de diez años

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2004	54.2	96.2	125.0	89.7	110.9	38.8	69.9	38.6	103.0	115.6	209.9	97.9	1149.7
2005	77.6	235.7	98.2	159.7	71.4	52.4	47.3	20.5	88.6	150.0	199.8	154.3	1332.3
2006	136.5	192.9	166.6	70.9	34.2	31.1	43.4	103.6	98.7	150.9	102.8	185.8	1317.4
2007	139.6	50.8	185.1	147.6	110.5	16.1	33.9	109.6	123.5	140.1	200.8	161.2	1418.8
2008	94.2	206.8	224.6	90.4	75.4	100.5	53.1	30.9	119.0	165.4	106.7	129.9	1396.9
2009	204.9	164.0	97.3	167.4	115.1	94.3	58.4	41.9	117.4	108.3	69.4	45.8	1284.2
2010	53.9	184.2	109.4	129.0	144.1	55.5	62.9	33.2	79.0	104.9	123.5	112.6	1192.2
2011	75.2	106.2	288.5	86.2	30.7	44.8	63.2	23.2	79.2	129.5	144.9	225.0	1296.6
2012	150.2	132.4	237.3	166.2	82.5	63.7	34.4	50.9	80.0	137.0	88.2	152.9	1375.7
2013	137.9	105.4	307.8	105.2	117.7	39.7	50.1	138.5	114.5	113.0	88.8	112.8	1431.4
PROMEDIO	112.4	147.5	164.6	121.2	89.3	53.7	51.7	59.1	96.1	131.5	133.4	137.8	
TOTAL PROMEDIO 10 AÑOS													1319.5

Fuente: elaboración propia según datos obtenidos en la estación meteorológica de Moyobamba.

Grafica N° 01: Precipitación promedio mensual del año 2013 (sin evaporación).



Fuente: elaboración propia según datos obtenidos en la estación meteorológica de Moyobamba.

Interpretación: Los datos analizados muestran que en promedio, el mes más lluvioso del año es marzo, con valores superiores a los 300mm al mes y que los meses de julio, junio son los meses de menor precipitación al año siendo considerados como meses de verano.

Los valores de consumo y costo de agua potable para la institución evaluada son los siguientes.

Cuadro N°03: Valores de consumo y costo de agua potable, de doce meses, en la FECOL- UNSM-T.

CONSUMO DE AGUA EN M3 DE LA FECOL UNSM-T AÑO 2013		COSTO *M3 (1.8855).
MESES	CANTIDAD M3	1.8855
ENERO	160	301.68
FEBRERO	70	131.99
MARZO	100	188.55
ABRIL	95	179.12
MAYO	135	254.54
JUNIO	165	311.11
JULIO	155	292.25
AGOSTO	120	226.26
SEPTIEMBRE	130	245.12
OCTUBRE	88	165.92
NOVIEMBRE	91	171.58
DICIEMBRE	100	188.55
TOTAL	1104	1833.67

Fuente: elaboración propia

Interpretación: Los datos analizados muestran que en año dos mil trece (2013) la Universidad Nacional De San Martín FECOL tuvo un consumo de 1409 m³ teniendo un costo de dos mil seiscientos cincuenta y seis con 67/ nuevos soles (2656.56).

3.1.1.2. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, demanda y oferta acumulada, volúmenes de almacenamiento y potencial de ahorro de agua potable.

Para la determinación de los parámetros mencionados en el marco teórico, y lograr obtener adecuadamente el volumen de almacenamiento de agua lluvia y el potencial de ahorro de agua potable, según la metodología del CEPIS, se debe distribuir la precipitación ubicada en la fila superior el mes de mayor precipitación durante el año evaluado (2013) y se continua con el orden regular de los siguientes meses. La oferta de agua de lluvia se calculó teniendo como base un área de captación de 800 m². Las áreas de los techos a captar en función al proyecto, son mostradas en el plano de anexo. La determinación de la demanda acumulada y la oferta acumulada se realizó según el procedimiento descrito anteriormente, en el que la diferencia entre estos dos parámetros arroja los valores del volumen almacenado durante cada mes. A continuación se presentan los resultados obtenidos en proyección para el año 2013.

Cuadro N° 04: Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, demanda y oferta acumulada, volúmenes de almacenamiento y potencial de ahorro de agua potable.

MES	Ppl(L/m2)	días mes	Demanda Di(m3/mes)	Dai(m3/mes)	Oferta, Ai (m3/mes)	Aai(m3/mes)	Volumen, Vi (m3/mes)	PPWS(%)
MARZO	307.8	31	100	100	196.99	196.99	96.99	197.0
ABRIL	105.2	30	95	195	67.33	264.32	-27.67	70.9
MAYO	117.7	31	135	330	75.33	339.65	-59.67	55.8
JUNIO	39.7	30	165	495	25.41	365.06	-139.59	15.4
JULIO	50.1	31	155	650	32.06	397.12	-122.94	20.7
AGOSTO	138.5	31	120	770	88.64	485.76	-31.36	73.9
SEPTIEMBRE	114.5	30	130	900	73.28	559.04	-56.72	56.4
OCTUBRE	113.0	31	88	988	72.32	631.36	-15.68	82.2
NOVIEMBRE	88.8	30	91	1,079	56.83	688.19	-34.17	62.5
DICIEMBRE	112.8	31	100	1,179	72.19	760.38	-27.81	72.2
ENERO	137.9	31	160	1,339	88.26	848.64	-71.74	55.2
FEBRERO	105.4	28	70	1,409	67.46	916.10	-2.54	96.4
TOTAL			1409		916.10		-492.90	858.34
							PROMEDIO	71.53

Fuente: elaboración propia.

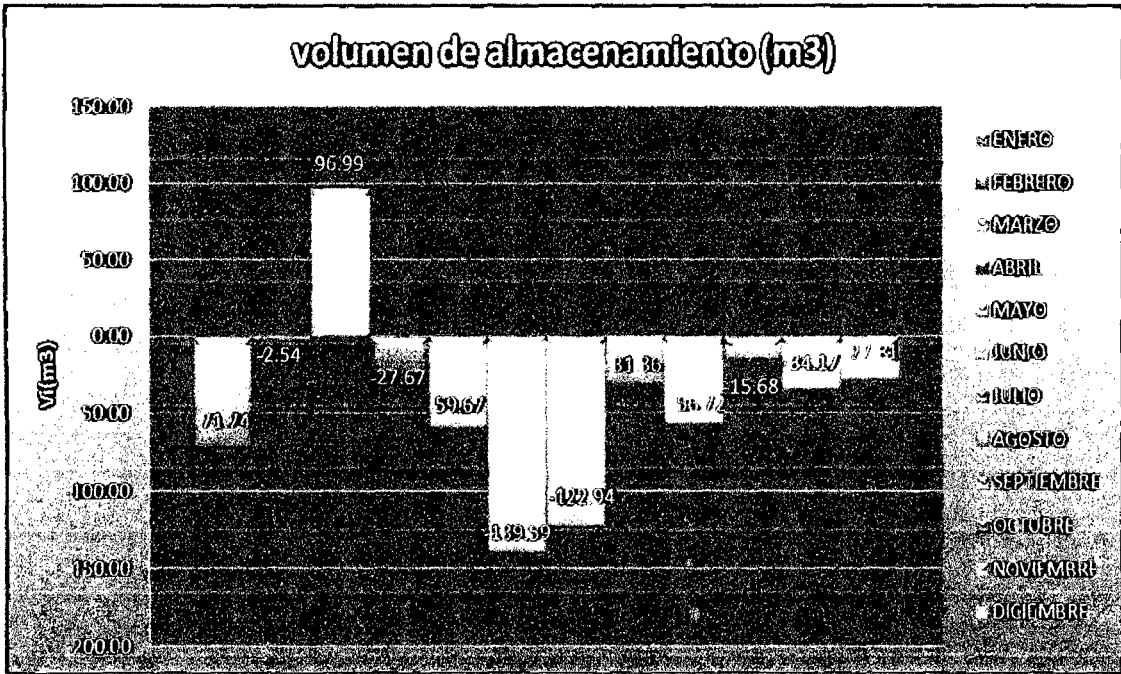
Interpretación: Los datos analizados muestran que en año dos mil trece la Universidad Nacional De San Martín FECOL tuvo un consumo de 1409 m³ teniendo un costo de dos mil seiscientos cincuenta y seis con 67/ nuevos soles (S/ 2656.56). Además teniendo una oferta en (m³/mes) de 916 m³/mes de agua de lluvia lo cual tendría un costo en agua potable de s/ 1727.30. Por ser agua de lluvia hubiésemos tenido un ahorro de S/ 1727.30 nuevos soles lo cual solamente se hubiese pagado S/ 929.30 nuevos soles.

- Para este caso se calculó el potencial de ahorro de agua potable.

Volumen de almacenamiento de agua de lluvia.

En el siguiente grafico se presenta los diferentes volúmenes para cada mes. El color naranja (Junio) es el volumen de mayor déficit con respecto al aprovechamiento de agua de lluvia. Y el color verde oscuro (marzo) es el mes lo cual con el aprovechamiento de agua de lluvia y la demanda necesaria en este mes se puede decir que la oferta es mayor que la demanda según lo proyectado para el año 2013 lo cual si se tendría un sistema de captación de agua de lluvia aprovechando todos los techos de la infraestructura nueva de la FECOL se hubiese tenido un beneficio considerable en el año 2013 con respecto a costos por consumo de agua potable.

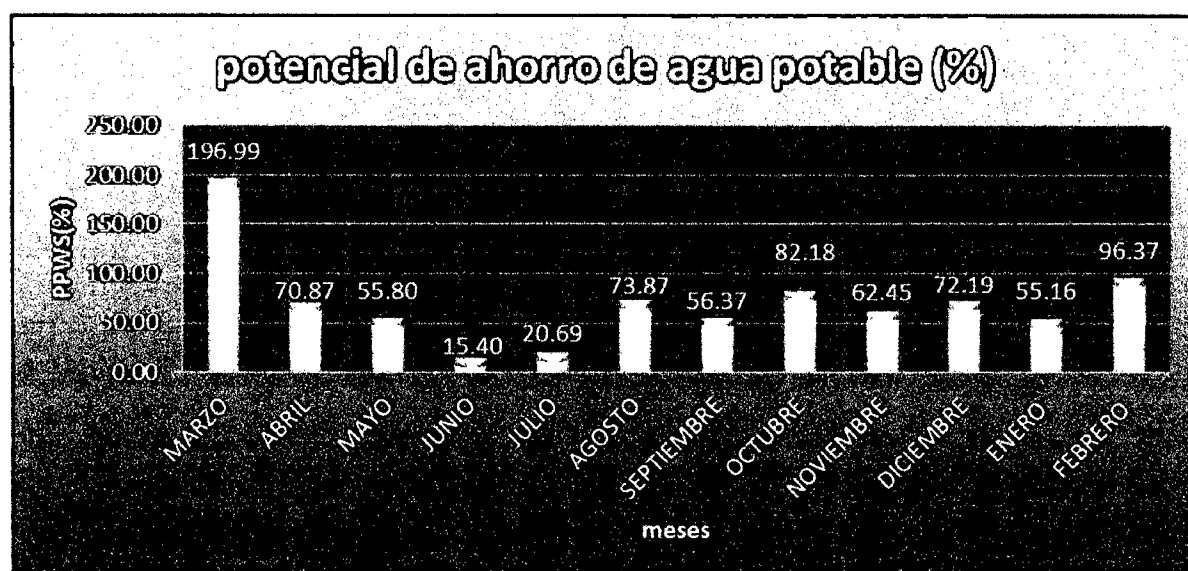
Gráfica N° 02: Volúmenes de almacenamiento de agua lluvia, por mes.



Fuente: elaboración propia.

Interpretación: De acuerdo con los resultados del cuadro N° 5 y la gráfica N°2, de los 12 meses del año, únicamente el mes de marzo se observa que la oferta es mayor que la demanda, pero en los once (11) meses restantes se observa que la demanda es mucho mayor que la oferta, lo que indica que solamente se hubiese utilizado 493m³ de agua potable de los 1409 m³ que fue la demanda por la FECOL en el año 2013 según los recibos facturados por la empresa prestadora de los servicios de agua potable (EPS- Moyobamba), con esta proyección se demuestra que se habría aprovechado 916 m³ de agua de lluvia durante el año 2013. Lo que indica en primera instancia que el proyecto es viable para un ahorro alto de agua potable.

Gráfica N° 03: Potencial de ahorro de agua potable:



Fuente: elaboración propia.

Interpretación: De acuerdo con los resultados del cuadro N° 4 y la gráfica N° 3, de los 12 meses del año, demuestra que el potencial de ahorro de agua potable es considerable durante todo el año. En promedio el 71.53 % de la demanda será cubierta por agua de lluvia, lo cual representa un valor muy alto que permite la justificación técnica de este proyecto.

Datos obtenidos durante los cuatro meses de evaluación de la tesis

Presentación promedio mensual (P_{pi}).

De acuerdo a la ecuación 1, la precipitación promedio mensual (sin tener en cuenta la evaporación), expresada en mm, equivale a la precipitación promedio mensual en litros por metro cuadrado, pues se requiere de 1mm de agua para mojar 1m² de área los valores obtenidos de precipitación que son evaluados con proyección para el proyecto se realizó analizando los datos obtenidos en la ejecución de tesis correspondientes al año 2014 lo cual se obtuvo los siguientes resultados.

Cuadro N°05: precipitación promedio mensual en litros por metro cuadrado para los 4 meses analizados en área evaluada en el proyecto.

MESES DEL AÑO 2014 EVALUADOS EN EL PROYECTO DE TESIS	P_{pi}
FEBRERO	133.30
MARZO	254.90
ABRIL	117.70
MAYO	225.20

Fuente: elaboración propia.

$$\text{ecuación N}^\circ 1: P_{Pi} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} p_i}{n}$$

Febrero:

Cuadro N°06: precipitación promedio mes de febrero.

DÍAS	precipitación (mm)		FEBRERO
	hora 7am	hora 7pm	
1	-	6,1	6.1
2	-	0,5	0.5
3	-	-	-
4	-	-	0.2
5	0,2	9,4	9.7
6	0,3	-	0.3
7	0,3	1,2	2.2
8	1,0	24,5	30.3
9	5,8	0,7	0.7
10	-	4,3	4.6
11	0,3	14,2	14.2
12	-	-	-
13	-	-	-
14	-	0,4	15.9
15	15,5	5,3	5.3
16	-	6,1	6.1
17	-	-	-
18	-	-	-
19	-	0,2	0.2
20	-	5,9	6.2
21	0,3	-	-
22	-	12,0	12.0
23	-	12,4	12.4
24	-	1,6	1.6
25	-	-	-
26	-	1,6	1.6
27	-	0,9	1.4
28	0,5	1,8	1.8
total			133

Fuente: elaboración propia.

Utilizando la precipitación del mes de febrero se determinara la oferta en el mes evaluado como es el caso del mes de febrero.

$$Ai = \frac{Ppi \times Ce \times Ac}{1000}$$

$$Ai = \frac{133 \times 0.80 \times 82.68}{1000} = 8.8m^3$$

Interpretación: en el siguiente cuadro en el mes de febrero se tuvo una precipitación promedio de 133 mm los cuales fueron aprovechados por el proyecto de tesis teniendo como conclusión que en este mes se oferto agua de lluvia un total de 8.8m³.

Marzo:

Cuadro N°07: precipitación promedio mes de marzo.

DÍAS	precipitación (mm)		MARZO
	hora 7am	hora 7pm	
1	-	2.6	2.6
2	-	-	-
3	-	2.1	28.1
4	26	4.5	5
5	0.5	12.9	12.9
6	-	-	-
7	-	-	-
8	-	-	14.7
9	14.7	20.5	20.5
10	-	-	-
11	-	-	0.6
12	0.6	0.3	0.3
13	-	14	15
14	1	2	2
15	-	-	-
16	-	-	10.8
17	10.8	16.7	16.7
18	-	19	19.9
19	0.9	4.6	4.9
20	0.3	-	-
21	-	11.6	19
22	7.4	15.3	15.3
23	-	2.5	8.3
24	5.8	7	15.5
25	8.5	0.7	10.4
26	9.7	-	9.3
27	9.3	23.1	23.1
28	-	-	-
29	-	-	-
30	-	-	-
31	-	-	-
total			255

Fuente: elaboración propia.

Utilizando la precipitación del mes de marzo se determinara la oferta en el mes evaluado como es el caso del mes de marzo.

$$Ai = \frac{Ppi \times Ce \times Ac}{1000}$$

$$Ai = \frac{255 \times 0.80 \times 82.68}{1000} = 16.86m^3$$

Interpretación: en el siguiente cuadro en el mes de marzo se tuvo una precipitación promedio de 255 mm los cuales fueron aprovechados por el proyecto de tesis teniendo como conclusión que en este mes se oferto agua de lluvia un total de 16.86 m³.

Abril:

Cuadro N°08: precipitación promedio mes de abril.

DÍAS	precipitación (mm)		ABRIL
	hora 7am	hora 7pm	
1	-	3	3
2	-	-	-
3	-	2.4	2.4
4	-	-	5.2
5	5.2	2.2	2.2
6	-	5.9	6.9
7	1	-	-
8	-	-	-
9	-	-	-
10	-	6.1	9.6
11	3.5	-	-
12	-	-	2.3
13	2.3	2.3	2.3
14	-	-	-
15	-	16	16
16	-	-	1
17	1	-	-
18	-	7.2	10.2
19	3	8	8
20	-	2.2	5.2
21	3	-	0.3
22	0.3	5.3	5.3
23	-	8	10.4
24	2.4	2.2	2.2
25	-	3	4.2
26	1.2	0.7	3.8
27	3.1	-	2
28	2	12	15.2
29	3.2	-	-
30	-	-	-
total			117.7

Fuente: elaboración propia.

Utilizando la precipitación del mes de marzo se determinara la oferta en el mes evaluado como es el caso del mes de abril.

$$Ai = \frac{P_{pi} \times C_e \times A_c}{1000}$$

$$Ai = \frac{117.7 \times 0.80 \times 82.68}{1000} = 7.78m^3$$

Interpretación: en el siguiente cuadro en el mes de abril se tuvo una precipitación promedio de 117.7 mm los cuales fueron aprovechados por el proyecto de tesis teniendo como conclusión que en este mes se oferto agua de lluvia un total de 7.78 m³.

Mayo:

Cuadro N°09: precipitación promedio mes de mayo.

DÍAS	precipitación (mm)		MAYO
	hora 7am	hora 7pm	
1		2.6	2.6
2			
3		2.1	28.1
4	26	4.5	5
5	0.5	12.9	12.9
6			
7			
8			7
9	7	12.3	12.3
10			
11			0.6
12	0.6	0.3	0.3
13		14	15
14	1	2	2
15			
16			6.1
17	6.1	16.7	16.7
18		19	19.9
19	0.9	4.6	4.9
20	0.3		
21		11.6	19
22	7.4	8.2	8.2
23		2.5	8.3
24	5.8	7	15.5
25	8.5	0.7	10.4
26	9.7		7.3
27	7.3	23.1	23.1
28	-	-	-
29	-	-	-
30	-	-	-
31	-	-	-
total			225.2

Fuente: elaboración propia.

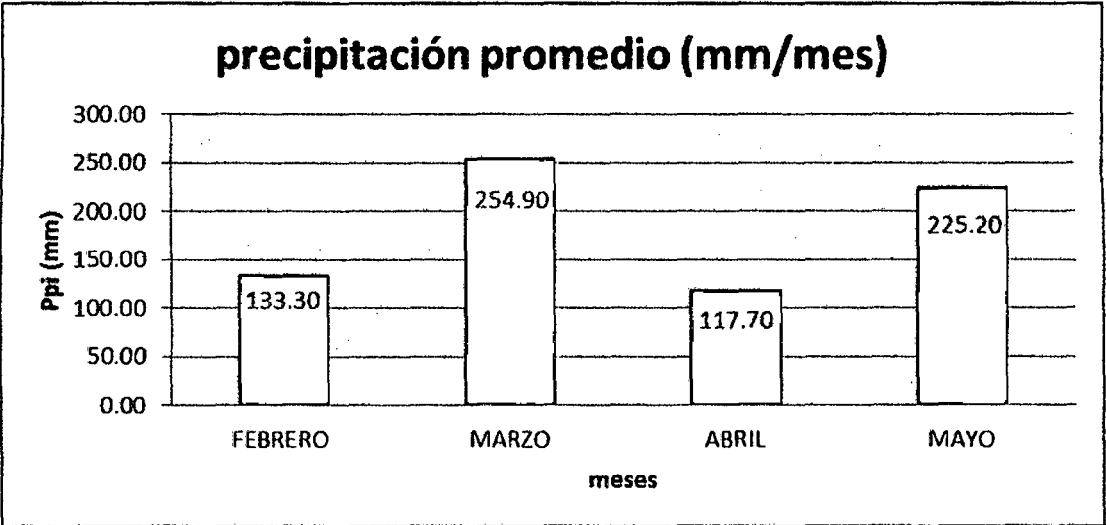
Utilizando la precipitación del mes de marzo se determinara la oferta en el mes evaluado como es el caso del mes de mayo.

$$Ai = \frac{Ppi \times Ce \times Ac}{1000}$$

$$Ai = \frac{225.2 \times 0.80 \times 82.68}{1000} = 14.89m^3$$

Interpretación: en el siguiente cuadro en el mes de mayo se tuvo una precipitación promedio de 225.2 mm los cuales fueron aprovechados por el proyecto de tesis teniendo como conclusión que en este mes se oferto agua de lluvia un total de 14.89 m³.

Grafica N°04: precipitación promedio mensual del año 2014 (sin evaporación).



Fuente: elaboración propia.

Interpretación: Los datos analizados muestran que en promedio, el mes más lluvioso de los meses evaluados en el proyecto de tesis es marzo, con valores superiores a los 250mm al mes y que el mes de abril es el mes de menor precipitación durante el tiempo de evaluación.

Febrero:

Cuadro N°10: cantidad de agua de lluvia aprovechada en lts del mes de febrero.

DÍA	altura del volumen del tanque en (cm)	cantidad de agua aprovechada en lts	cantidad de agua no aprovechada en lts
1	60.0	471.2	
2	5.0	39.3	
3	-		
4	2.0	15.7	
5	96.0	754.0	
6	3.0	23.6	
7	21.6	169.3	
8	299.0	1100.0	1248.3
9	7.0	55.0	
10	45.0	353.4	
11	140.1	1100.0	
12	-		
13	-		
14	151.0	1100.0	132.3
15	53.0	416.3	
16	60.0	471.2	
17	-		
18	-		
19	2.0	15.7	
20	60.0	471.2	
21	-		
22	119.0	934.6	
23	123.0	966.0	
24	16.0	125.7	
25	-		
26	16.0	125.7	
27	14.0	110.0	
28	18.0	141.4	
total de agua aprovechada al mes		8959.1	
total de agua no aprovechada al mes			1380.5

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: en el siguiente cuadro en el mes de febrero se aprovechó 8959.1lts de agua de lluvia con el tanque de (1100 lts). Lo cual no fue suficiente por tener 1380.05 lts de agua de lluvia que no fue aprovechada por tener mayor precipitación en algunos días del mes y el volumen del tanque de almacenamiento era inferior a la oferta de la precipitación diaria.

Marzo:

Cuadro N°11: cantidad de agua de lluvia aprovechada en lts del mes de marzo.

DÍA	altura del volumen del tanque en (cm)	cantidad de agua aprovechada en lts	cantidad de agua no aprovechada en lts
1	26.0	204.2	
2	-		
3	281.0	1100.0	1077.8
4	49.0	384.8	
5	127.0	997.5	
6	-		
7	-		
8	141.0	1100.0	39.3
9	202.0	1100.0	488.8
10	-		
11	6.0	47.1	
12	3.0	23.6	
13	150.0	1100.0	62.5
14	20.0	157.1	
15	-		
16	107.0	840.4	
17	163.0	1100.0	194.3
18	199.0	1100.0	442.3
19	48.0	377.0	
20	-		
21	190.0	1100.0	372.5
22	152.0	1100.0	85.8
23	82.0	644.0	
24	154.0	1100.0	101.3
25	107.0	840.4	
26	92.0	722.6	
27	231.0	1100.0	690.3
28	-		
29	-		
30	-		
31	40.0	314.2	
total de agua aprovechada al mes		16552.3	
total de agua no aprovechada al mes			3554.5

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: en el siguiente cuadro en el mes de marzo se aprovechó 8959.1lts de agua de lluvia con el tanque de (1100 lts). Lo cual no fue suficiente por tener 3554.5 lts de agua de lluvia que no fue aprovechada por tener mayor precipitación en algunos días del mes y el volumen del tanque de almacenamiento era inferior a la oferta de la precipitación diaria.

Abril:

Cuadro N°12: cantidad de agua de lluvia aprovechada en lts del mes de abril.

DÍA	altura del volumen del tanque en (cm)	cantidad de agua aprovechada en lts	cantidad de agua no aprovechada en lts
1	30.0	235.6	
2	-		
3	24.0	188.5	
4	50.0	392.7	
5	21.0	164.9	
6	59.0	463.4	
7	-		
8	-		
9	-		
10	92.0	722.6	
11	-		
12	21.0	164.9	
13	21.0	164.9	
14	-		
15	160.0	1100.0	156.6
16	10.0	78.5	
17	-		
18	104.0	816.8	
19	80.0	628.3	
20	51.0	400.6	
21	3.0	23.6	
22	53.0	416.3	
23	107.0	840.4	
24	21.0	164.9	
25	41.0	322.0	
26	37.0	290.6	
27	20.0	157.1	
28	151.0	1100.0	86.0
29	-		
30	-		
total de agua aprovechada al mes		8836.5	
total de agua no aprovechada al mes			242.6

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: en el siguiente cuadro en el mes de abril se aprovechó 8836.5lts de agua de lluvia con el tanque de (1100 lts). Lo cual no fue suficiente por tener 242.6 lts de agua de lluvia que no fue aprovechada por tener mayor precipitación en algunos días del mes y el volumen del tanque de almacenamiento era inferior a la oferta de la precipitación diaria.

Mayo:

Cuadro N°13: cantidad de agua de lluvia aprovechada en lts del mes de mayo.

Día	altura del volumen del tanque en (cm)	cantidad de agua aprovechada en lts	cantidad de agua no aprovechada en lts
1	26.0	204.2	
2			
3	280.0	1100.0	1099.1
4	50.0	392.7	
5	128.0	1005.3	
6			
7			
8	70.0	549.8	
9	124.0	973.9	
10			
11	6.0	47.1	
12	3.0	23.6	
13	150.0	1100.0	78.1
14	20.0	157.1	
15			
16	60.0	471.2	
17	165.0	1100.0	195.9
18	199.0	1492.3	392.3
19	48.0	377.0	
20			
21	190.0	1100.0	384.4
22	81.0	636.2	
23	82.0	644.0	
24	151.0	1100.0	86.0
25	107.0	840.4	
26	71.0	557.6	
27	230.0	1100.0	706.4
28	-		
29	-		
30	-		
31	-		
total de agua aprovechada al mes		14972.1	
total de agua no aprovechada al mes			2746.3

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: en el siguiente cuadro en el mes de mayo se aprovechó 14972.1lts de agua de lluvia con el tanque de (1100 lts). Lo cual no fue suficiente por tener 2746.3 lts de agua de lluvia que no fue aprovechada por tener mayor precipitación en algunos días del mes y el volumen del tanque de almacenamiento era inferior a la oferta de la precipitación diaria.

Los valores de consumo y costo de agua potable para la institución evaluada son los siguientes

Cuadro N°14. Valores de consumo y costo de agua potable, de cuatro meses, en la FECOL- UNSM-T.

CONSUMO DE AGUA EN		
M3 DE LA FECOL UNSM-T	CANTIDAD	COSTO *M3
AÑO 2014		(1.8855).
MESES	M3	1.8855
FEBRERO	70	131.99
MARZO	111	209.29
ABRIL	105	197.98
MAYO	143	269.63
TOTAL	429	808.88

Fuente: elaboración propia

Interpretación: Los datos analizados muestran que en los meses evaluados por el tesista del año 2014 la Universidad Nacional De San Martín FECOL tuvo un consumo de 429 m³ teniendo un costo de ochocientos ocho con 88/ nuevos soles (S/808.88).

Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, demanda y oferta acumulada, volúmenes de almacenamiento y potencial de ahorro de agua potable.

Para la determinación de los parámetros mencionados en el marco teórico, y lograr obtener adecuadamente el volumen de almacenamiento de agua lluvia y el potencial de ahorro de agua potable, según la metodología del CEPIS, se debe distribuir la precipitación ubicada en la fila superior el mes de mayor precipitación durante los meses evaluados del (2014) y se continúa con el orden regular de los siguientes meses. La oferta de agua de lluvia se calculó teniendo como base un área de captación de 82.68 m². La cual corresponde a una parte del área total que es de 800 m². La área de los techos a captar en función al proyecto, son mostradas en el plano de anexo. La determinación de la demanda acumulada y la oferta acumulada se realizó según el procedimiento descrito anteriormente, en el que la diferencia entre estos dos parámetros arroja los valores del volumen almacenado durante cada mes. A continuación se presentan los resultados obtenidos en proyección para los meses evaluados por el tesista del año 2014.

Cuadro N° 15: Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, demanda y oferta acumulada, volúmenes de almacenamiento y potencial de ahorro de agua potable.

MES	Pp (l/m ²)	días mes	Demanda D (m ³ /mes)	D _{ac} (m ³ /mes)	Oferta A _l (m ³ /mes)	A _{ac} (m ³ /mes)	Volúmen, V (m ³ /mes)	PPAS (%)
ENERO	254.90	31.00	111.00	111.00	16.86	16.86	-94.14	15.19
FEBRERO	117.70	30.00	105.00	216.00	7.79	24.65	-97.21	7.41
MARZO	225.20	31.00	143.00	359.00	14.90	39.54	-128.10	10.42
ABRIL	133.30	28.00	70.00	429.00	8.82	48.36	-61.18	12.60
TOTAL	182.78		429		48.36		-380.64	45.62

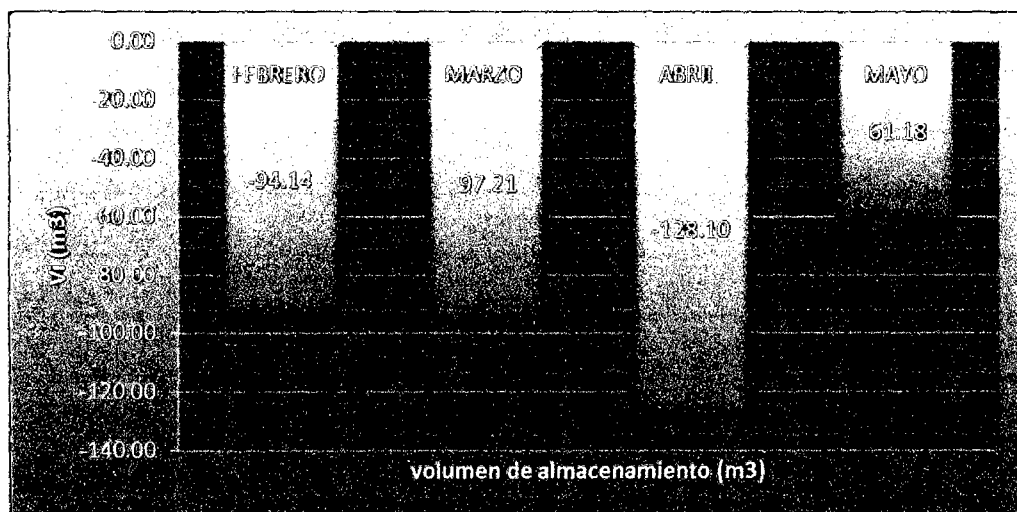
Fuente: elaboración propia.

Interpretación: Los datos analizados muestran que durante los meses de evaluación la Universidad Nacional De San Martín FECOL tuvo un consumo de 429 m³ teniendo un costo de ochocientos ocho con 88/ nuevos soles (S/ 808.88). Además teniendo una oferta en (m³/mes) de 49 m³/mes de agua de lluvia lo cual tendría un costo en agua potable de S/ 93. Por ser agua de lluvia hubiésemos tenido un ahorro de S/ 93. Nuevos soles lo cual solamente se hubiese pagado S/ 715.88 nuevos soles. Teniendo un ahorro de S/ 93 nuevos soles en los cuatro meses evaluados por el tesista.

Volumen de almacenamiento de agua de lluvia.

En el siguiente grafico se presenta los diferentes volúmenes para cada mes. En el mes de (abril) es el volumen de mayor déficit con respecto al aprovechamiento de agua de lluvia. Y en el mes de (mayo) es el mes de menor déficit con respecto a lo ofertado por el sistema de captación de agua de lluvia.

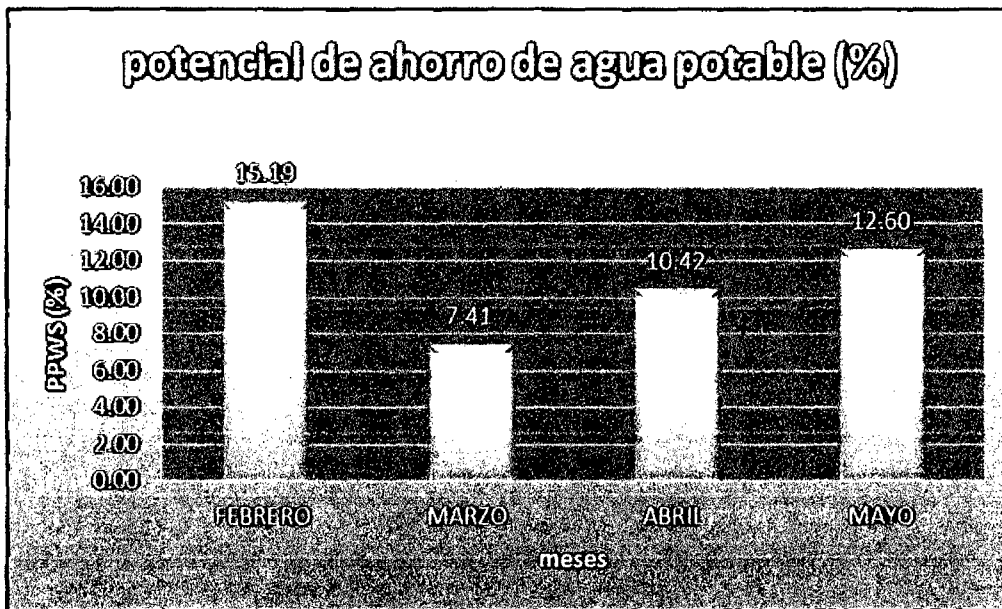
Gráfica N° 05: Volúmenes de almacenamiento de agua lluvia, por mes.



Fuente: elaboración propia.

Interpretación: De acuerdo con los resultados del cuadro N° 15 y la gráfica N°5, de los 4 meses del año, se observa que la oferta es menor que la demanda, lo que indica que solamente se hubiese utilizado 380m^3 de agua potable de los 429m^3 que fue la demanda por la FECOL en los meses evaluados del 2014 según los recibos facturados por la empresa prestadora de los servicios de agua potable (EPS- Moyobamba), con esta proyección se demuestra que se habría aprovechado 49m^3 de agua de lluvia durante los meses evaluados del 2014. Lo que indica en primera instancia que el proyecto es viable para un ahorro alto de agua potable.

Grafica N° 06: Potencial de ahorro de agua potable:



Fuente: elaboración propia.

Interpretación: De acuerdo con los resultados del cuadro N° 15 y la gráfica N° 6, de los 4 meses del año, demuestra que el potencial de ahorro de agua potable es considerable durante los meses evaluados. En promedio el 11.40 % de la demanda será cubierta por agua de lluvia, lo cual representa un valor muy alto que permite la justificación técnica de este proyecto.

3.2.DISCUSIONES:

1. De los resultados, se puede decir en forma general, que se alcanzó el objetivo del trabajo realizado, en lo cual se demostró el potencial de ahorro de agua potable en la FECOOL – UNSM-T.
2. Se evaluó la oferta hídrica durante el año proyectado y los meses evaluados por el tesista lo cual se concluye que tiene un gran potencial de ahorro (71.53% para el año proyectado y 11.40% meses evaluados por el tesista), de agua potable lo cual indica que los efectos son positivos ambientalmente social y económico.
3. De acuerdo a realidades de nuestro entorno nos damos cuenta que no existe mucha importancia a estos temas lo que es muy preocupante por ser un tema que nos ayuda a mejorar nuestra calidad de vida.

3.3. CONCLUSIONES:

1. De acuerdo con los resultados obtenidos se puede decir que el proyecto de tesis cumple con el objetivo general que es evaluar el potencial de aprovechamiento de agua de lluvia como alternativa de ahorro de agua potable, en la FECCOL – UNSM-T.
2. Se evaluó la oferta hídrica durante el año proyectado y los meses evaluados por el tesista lo cual se concluye que tiene un gran potencial de ahorro (71.53% para el año proyectado y 11.40% meses evaluados por el tesista), de agua potable lo cual sería muy beneficioso para la FECCOL – UNSM-T.
3. La sustentabilidad es uno de los motivos por los cuales el aprovechamiento del agua de lluvia se ha vuelto popular recientemente. Es una manera responsable de diseñar paisajes y jardines. La presencia del agua de lluvia de los proyectos de aprovechamiento ayuda a limitar la erosión del suelo, las escorrentías y la contaminación del agua. Es un paso hacia la autosuficiencia local que reduce la necesidad de importar agua de recursos externos no sustentables. Además, les da a las personas una lección concreta acerca del uso y la conservación del agua, ya que puede ver claramente cuánta agua produce el clima local.

3.4. RECOMENDACIONES:

1. Promover el aprovechamiento sostenible de la oferta hídrica, basado en la precipitación local (SCAPT), con el propósito de resolver los problemas de déficit de agua para usos locales de centro educativos instituciones públicas, etc.
2. En las zonas rurales de nuestro país donde exista mayor frecuencia de precipitación, se debe aplicar el modelo SCAPT, como una fuente alternativa saludable ya sea para usos domésticos y agropecuarios, con el propósito de impulsar los principios básicos de la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) a nivel rural.
3. La Universidad Nacional De San Martín-Tarapoto (FECOL) debe dar a conocer el proyecto de tesis con la finalidad de compartir y crear conciencia sobre los beneficios de captación de agua de lluvia el cual tendrá beneficios económicos y sociales dentro de nuestra localidad.
4. Utilizar sistemas de captación de agua de lluvia en zonas rurales y urbanas con la finalidad de minimizar el consumo de agua potable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Aliaga, V. 1983. Hidrología: tratamiento de datos hidrometeorológicos. INAF, Lima.
2. Abdulla, F.A. and Al-Shareef, A. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. *Desalination* 243, 1-3 (2009), 195-207.
3. Ballén S., J.A., Galarza G., M.A., and Ortiz M., R.O. Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia para Vivienda Urbana. *VI SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua.*, (2006).
4. Ballén S., J.A., Galarza G., M.A., and Ortiz M., R.O. Historia de los Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia. *VI SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua.*, (2006)
5. Base Sólida. Municipio de Caldas. 2009.
<http://www.caldasantioquia.gov.co/Sitio/Index.asp?LANG=&IP=6>.
6. Climate Prediction Center Internet Team. National Water Service. Climate Prediction Center.
http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml.
7. Corcho R., F.H. and Duque S., J.I. *Acueductos Teoría y Diseño*. Universidad de Medellín, Medellín, 1993.
8. Departamento Nacional de Planeación. Determinación de los consumos básicos de agua potable en Colombia. 1991.
9. Departamento Nacional de Planeación. Conpes Social 91. "Metas y estrategias de Colombia para el logro de los Objetivos Del Milenio- 2015". 2005.
10. FAO-RLAC: Veenhuizen, R.y Prieto, M. 1998. Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia.
11. Información meteorológica estación CO "Moyobamba".
12. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS 2000. Título B. Sección II. *Sistemas de Acueducto*. 2000, 206.

ANEXOS:

Ecuación N° 01: demanda mensual (Di).

$$Di = \frac{Nu \times Nd \times Dot}{1000}$$

$$Di = \frac{615 \times 31 \times 50}{1000}$$

Dónde:

Di: demanda mensual

Nu: número de usuarios que se benefician del sistema (variable, según el mes, como se indicó anteriormente).

Nd: número de días del mes analizado

Dot: dotación (L/persona/día)

- Para este caso no se calculó la demanda por contar con los recibos facturados por la empresa prestadora de servicios (EPS-Moyobamba).

Ecuación N° 02: demanda acumulada al mes “i”.

$$Dai = D_{a(i-1)} + (Nu \times Ndi \times Ddi)/1000$$

$$Dai = Di1 + Di2 + \dots + Din$$

$$Dai1 = 100$$

$$Dai2 = 100 + 95 = 195$$

Dónde:

Dai = demanda acumulada al mes “i”

- Para este caso se calculó la demanda acumulada al mes “i” (Dai) con los datos de la demanda mensual (Di).

Ecuación N° 03: oferta de agua en el mes “i”.

$$A_i = \frac{P_{pi} \times C_e \times A_c}{1000}$$

$$A_i = \frac{307.8 \times 0.80 \times 800}{1000} = 169.99$$

Dónde:

P_{pi} = precipitación promedio mensual (litros/m²)

C_e = coeficiente de escorrentía

A_c = área de captación (m²)

A_i = oferta de agua en el mes “i” (m³).

- Para este caso se calculó con la precipitación promedio mensual (litros/m²), coeficiente de escorrentía (C_e) y el área de captación (A_c) todo entre mil. Con datos proporcionados por la estación meteorológica en cuanto a precipitación el factor de escorrentía es un valor asumido por la fuente según el tipo de canaleta de la infraestructura y el área de los techos de la FECOL infraestructura nueva.

Ecuación N° 04: demanda acumulada al mes “i”.

$$A_{ai} = A_{a(i-1)} + (P_{pi} \times C_e \times A_c)/1000$$

$$A_{ai} = A_{i1} + A_{i2} + \dots + A_{in}$$

$$A_{ai1} = 196.99$$

$$A_{ai2} = 196.99 + 67.33 = 264.32$$

Dónde:

A_{ai} = oferta acumulada al mes “i”

- Para este caso se calculó la oferta acumulada al mes “i” (A_{ai}) con los datos de la oferta de agua en el mes “i” (A_i).

Ecuación N° 05: volumen del tanque de almacenamiento necesario para el mes “i”.

$$Vi (m^3) = Ai(m^3) - Di(m^3)$$

$$Vi (m^3) = 196.99(m^3) - 100(m^3) = 96.99$$

Dónde:

Vi = volumen del tanque de almacenamiento necesario para el mes “i”

Ai = volumen de agua que se captó en el mes “i”

Di = volumen de agua demandada por los usuarios para el mes “i”

- Para este caso se calculó volumen de agua que se captó en el mes “i” (Ai) con los datos del volumen de agua demandada por los usuarios para el mes “i” (Di).

Ecuación N° 06: demanda mensual (Di).

$$PPWS = 100 \times \frac{VR}{PWD}$$

$$PPWS = 100 \times \frac{196.99}{100} = 196.99$$

Dónde:

PPWS: Potencial de Ahorro de Agua Potable (por sus siglas en inglés) (%)

VR ó Ai: Volumen mensual de agua lluvia que puede ser recolectado (m^3 /mes)

PWD ó Di: Demanda mensual de agua potable (m^3 /mes).

Imagen N° 01: Universidad Nacional De San Martín Facultad De Ecología

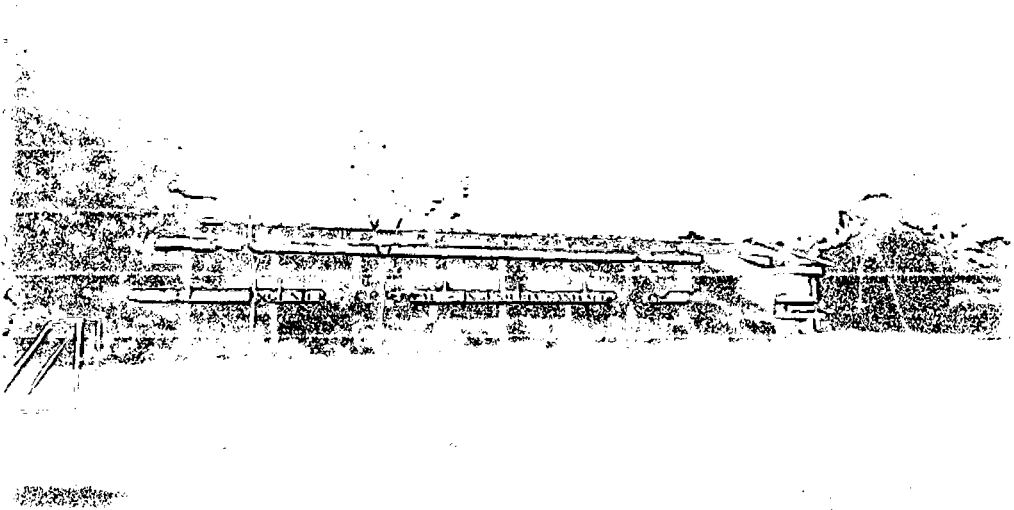


Imagen N°02: área de captación del proyecto.

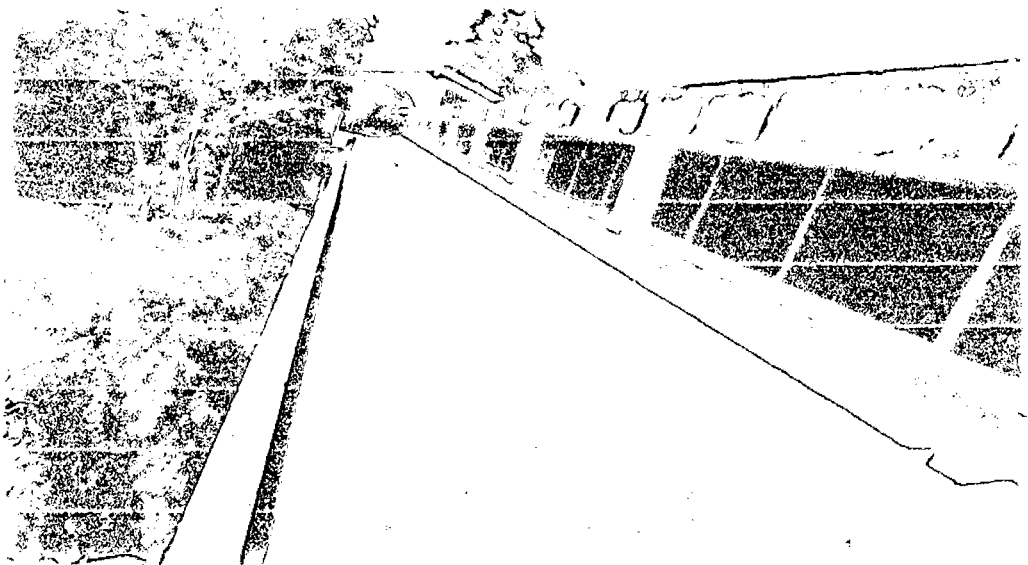


Imagen N°03: tubería PVC 3" conduce el agua de lluvia hacia en tanque de almacenamiento.



Imagen N°04: tanque de almacenamiento.



Imagen N° 05: red de distribución.

