



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**II PROGRAMA DEL CURSO DE ACTUALIZACION
PROFESIONAL**

**“EVALUACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE AGUA DE
LLUVIA EN ZONAS DE CEJA DE SELVA. CASO DE ESTUDIO:
CASERÍO BAJO IHUAMACA – DISTRITO DE SAN IGNACIO –
PROVINCIA DE SAN IGNACIO – REGIÓN CAJAMARCA”**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:

Bach. LUIS EDUARDO ANCAJIMA GAONA

ASESOR

M.Sc. MANUEL MACO CHUNGA

LAMBAYEQUE – PERÚ



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**II PROGRAMA DEL CURSO DE ACTUALIZACION
PROFESIONAL**

**“EVALUACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE AGUA DE
LLUVIA EN ZONAS DE CEJA DE SELVA. CASO DE ESTUDIO:
CASERÍO BAJO IHUAMACA – DISTRITO DE SAN IGNACIO –
PROVINCIA DE SAN IGNACIO – REGIÓN CAJAMARCA”**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA


PRESENTADO POR:

Bach. LUIS EDUARDO ANCAJIMA GAONA

SUSTENTADO ANTE EL JURADO:


M.Sc. ING. JORGE CUMPA REYES
PRESIDENTE


DR. JUAN MANUEL SAAVEDRA TINEO
SECRETARIO


M.Sc. MANUEL MACO CHUNGA
ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por darme fuerza y salud para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, han sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

A mis hermanos por estar siempre presentes, y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme en la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres: Julio y Elena, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

También gracias a mis hermanos: Carlos, Jorge, Cesar y Leticia, por la confianza, apoyo y motivación para seguir cumpliendo mis metas.

Agradecemos a los docentes de la Facultad De Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi preparación profesional, de manera especial.

RESUMEN

La presente investigación denominada “Análisis del aprovechamiento de agua de lluvia en zonas de ceja de selva. Caso de estudio: caserío Bajo Ihuamaca – Distrito De San Ignacio – Provincia de San Ignacio – Región Cajamarca, es de gran interés y surge de la preocupación frente a la escasez de los recursos hídricos que enfrentan ciertos lugares del mundo y por ende la zona de estudio.

El siguiente trabajo de investigación consta de VII capítulos en los cuales se describe la importancia de aprovechar el agua de la lluvia en zonas ubicadas en la región natural ceja de selva donde las lluvias son frecuente, esto para evitar que los pobladores se abastezcan de agua extraída desde pequeñas quebradas hasta sus domicilios. Se analiza el caso de estudio, el caserío Bajo Ihuamaca, se calcula la demanda de agua para una vivienda con cuatro habitantes, posteriormente se calcula oferta de agua de lluvia que se puede almacenar por los techos, para ello se determina el área de techo ideal para poder captar el agua necesaria para cubrir la demanda total, y posteriormente se propone un sistema de captación de agua de lluvia básica. Se discute sobre la viabilidad que genera el aprovechar el agua de lluvia en lo técnico, económico, social y ambiental. De esta manera se describen las posibilidades de darle importancia al agua de lluvia y poder cubrir demandas de agua en la zona de estudio, donde el recurso hídrico se encuentra alejado o su actual servicio tiene pésimas condiciones.

Palabras Claves: Agua de lluvia, escasez de agua, recursos hídricos, oferta hídrica, demanda de agua.

ABSTRACT

The present investigation called "Analysis of the use of rainwater in jungle areas. Case study: Caserío Bajo Ihuamaca - District of San Ignacio - Province of San Ignacio - Cajamarca Region, is of great interest and arises from the concern about the scarcity of water resources that confront certain parts of the world and therefore the area of study.

The following research work consists of VII chapters in which the importance of using rainwater in rainforest areas where rainfall is frequent is described, in order to prevent villagers from obtaining water extracted from small streams to their homes . The case study is analyzed, the hamlet Bajo Ihuamaca, the water demand for a house with four inhabitants is calculated, later it is calculated rainwater supply that can be stored by the roofs, for this the ideal roof area is determined in order to capture the water needed to cover the total demand, and then a basic rainwater collection system is proposed. The feasibility of using rainwater in technical, economic, social and environmental aspects is discussed. In this way, the possibilities of giving importance to rainwater and being able to cover water demands in the study area are described, where the water resource is far away or its current service has terrible conditions.

Key words: Rainwater, water scarcity, water resources, water supply, water demand.

INDICE

| | |
|-------------------------------------------------------|----|
| DEDICATORIA | 3 |
| AGRADECIMIENTO | 4 |
| RESUMEN..... | 5 |
| ABSTRACT | 6 |
| INTRODUCCION | 10 |
| CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 12 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 12 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 12 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA..... | 13 |
| 1.4. OBJETIVOS..... | 14 |
| 1.4.1. OBJETIVO GENERAL..... | 14 |
| 1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 14 |
| CAPITULO II: MARCO TEÓRICO..... | 16 |
| 2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA..... | 16 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS..... | 19 |
| 2.2.1. EL CICLO HIDROLÓGICO | 20 |
| 2.2.2. EL AGUA..... | 20 |
| 2.2.3. LA PRECIPITACIÓN | 25 |
| 2.2.4. OFERTA DEL AGUA DE LLUVIA | 28 |
| 2.2.5. SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA | 28 |
| 2.2.6. NORMATIVIDAD EXISTENTE | 33 |
| 2.3. FACTIBILIDAD | 35 |
| 2.4. HIPÓTESIS..... | 36 |
| 2.4.1. HIPOTESIS ESPECIFICA | 36 |
| 2.5. VARIABLES | 36 |
| 2.5.1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE VARIABLE..... | 36 |
| CAPITULO III: METODOLOGÍA | 38 |
| 3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION..... | 38 |
| 3.2. DESCRIPCION DEL AMBITO DE LA INVESTIGACION | 38 |
| 3.3. CARACTERISTICAS SOCIO ECONOMICAS..... | 41 |
| 3.4. INFORMACION DE LOS SERVICIOS BASICOS. | 42 |
| 3.5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE. | 42 |
| 3.6. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA..... | 44 |
| 3.7. METODOLOGÍA DEL ASPECTO TÉCNICO..... | 44 |
| CAPITULO IV: RESULTADOS..... | 50 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA..... | 50 |
| 4.2. DETERMINACIÓN DE LA OFERTA DEL AGUA DE LLUVIA. | 52 |
| 4.3. BALANCE..... | 54 |
| 4.4. PROPUESTA DE INSTACION DE UN SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA..... | 55 |
| CAPITULO V: DISCUSIÓN..... | 58 |
| 5.1. ZONA DE ESTUDIO Y CONDICIONES DE LA VIVIENDA | 58 |
| 5.2. VIABILIDAD TÉCNICA: BALANCE HÍDRICO..... | 58 |
| 5.3. VIABILIDAD ECONÓMICA..... | 59 |
| 5.4. VIABILIDAD AMBIENTAL..... | 59 |
| 5.5. VIABILIDAD SOCIAL..... | 59 |
| 5.6. ANÁLISIS GENERAL..... | 59 |
| CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 61 |
| 6.1. CONCLUSIONES..... | 61 |
| 6.2. RECOMENDACIONES | 62 |
| CAPITULO VII: ANEXOS | 64 |
| 7.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 64 |

CONTENIDO DE CUADROS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro N° 01: Distribución de Lotes - Vivienda y Población Total. | 42 |
| Cuadro N° 02: Densidad Poblacional Caserío Bajo Ihuamaca..... | 42 |
| Cuadro N° 03: Características del Servicio de Agua Existente..... | 43 |
| Cuadro N° 04: Estación Meteorológica | 44 |
| Cuadro N° 05: Precipitaciones Históricas - Promedio | 44 |
| Cuadro N° 06: Dotación por Región | 45 |
| Cuadro N° 07: Cantidad de Agua que Necesitamos..... | 45 |
| Cuadro N° 08: Coeficiente de Escorrentia..... | 46 |
| Cuadro N° 09: Volumen de Agua Captado en Litros con Relación al Área de Captación y a la Precipitación Pluvial Promedio. | 47 |
| Cuadro N° 10: Demanda del Agua Mensual para Una (01) Persona | 50 |
| Cuadro N° 11: Demanda del Agua Mensual para una Familia con Cuatro (04) Habitantes..... | 51 |
| Cuadro N° 12: Promedio, Máxima y Mínima Precipitación Mensual..... | 52 |
| Cuadro N° 13: Calculo de Precipitación Pluvial Neta..... | 54 |
| Cuadro N° 14: Calculo de la Precipitación Recolectada | 54 |
| Cuadro N° 15: Balance Hídrico | 55 |
| Cuadro N° 16: Precios de Elementos para un Sistema de Aprovechamiento de Agua de Lluvia | 56 |

CONTENIDO DE GRAFICAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Grafico N° 01: Volumen Requerido para una (01) Persona | 51 |
| Grafico N° 02: Volumen Requerido para una Familia con Cuatro (04) Habitantes | 52 |
| Grafica N° 03: Promedio, Máxima y Mínima Precipitación Mensual..... | 53 |
| Grafica N° 04: Precipitación Anual | 53 |

CONTENIDO DE IMAGENES

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Imagen N° 01: El Ciclo Hidrológico..... | 21 |
| Imagen N° 02: Distribución del Agua en la Tierra. | 24 |
| Imagen N° 03: Elementos de un Sistema de Captación de Agua de Lluvia..... | 29 |
| Imagen N° 04: Perú. Localización Geográfica del Departamento de Cajamarca..... | 39 |
| Imagen N° 05: Localización Gráfica de la Provincia de San Ignacio | 39 |
| Imagen N° 06: Provincia de San Ignacio y sus Distritos. | 40 |
| Imagen N° 07: Caserío Bajo Ihumaca. | 40 |

CONTENIDO DE ECUACIONES

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ecuación N° 01 : Cálculo de la Demanda de Agua al Mes | 45 |
| Ecuación N° 02 : Cálculo de la Demanda de Agua al Año | 45 |
| Ecuación N° 03 : Cálculo de la Precipitación Neta..... | 46 |
| Ecuación N° 04 : Cálculo del Área de Captación | 48 |
| Ecuación N° 05 : Cálculo del Área de Captación Necesaria para Cubrir la Demanda..... | 48 |
| Ecuación N° 06 : Cálculo de la Oferta Acumulada..... | 48 |
| Ecuación N° 07 : Cálculo de la Demanda Acumulada | 48 |

INTRODUCCIÓN

La lluvia: un juguete, una molestia, causa desastre, es fuente de vida; sacia la sed de las plantas, cultivos y animales, es el sustenta de la vida. Cuando tiene fuerza, puede causar inundaciones, cuando comienza a llover corremos para refugiarnos, cuando hace falta, pedimos más. Cuando somos sabios, la aprovechamos.

La precipitación anual promedio sobre el territorio del Perú es de casi 2 billones de metros cúbicos (m^3) de agua. En cambio, la demanda consuntiva de agua en el país es en promedio 20 mil millones de metros cúbicos por año. Es decir, en promedio, en el Perú sólo alrededor del 1% de las aguas precipitadas son destinadas al uso consuntivo en actividades económicas (particularmente, riego) y para uso poblacional. El resto drena hacia el Océano Pacífico o Atlántico, o evapora nuevamente hacia la atmósfera.

La precipitación influye directamente en el desarrollo de las actividades productivas del poblador rural, sobre todo donde existe un sistema de distribución de agua potable adecuada; sin embargo en el caserío Bajo Ihuamaca el sistema de distribución de agua potable no cubre la demanda de agua requerida. Ante la insuficiencia del recurso hídrico, la población se ve en la necesidad de recolectar agua desde pequeñas quebradas existentes cerca al caserío. En base a esta problemática se evalúa la opción de abastecimiento de agua de lluvia.

La propuesta de la siguiente investigación es contar con fuentes alternas de dotación de agua, que brinde agua de buena calidad y apto para el consumo humano.

Para su estudio, ha sido necesario identificar los componentes de un sistema de captación de agua de lluvia, su funcionamiento, los criterios de diseño más sobresalientes así como su funcionamiento; además las características de la zona de estudio respecto al aspecto socioeconómico y ambientales en la zona de estudio.

La ampliación significativa del acceso al consumo de agua potable en las zonas rurales de nuestro país es uno de los desafíos que debemos enfrentar como futuros profesionales comprometidos con la mejora de la calidad de vida del poblador rural.

CAPITULO I:

EL PROBLEMA DE

INVESTIGACION

CAPITULO 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. 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 caserío bajo Ihuamaca, es una de las zonas que sufren de una escasez de agua. El actual modelo de abastecimiento no está cumpliendo con la demanda actual, ocasionando desabastecimiento de agua potable a la población materia de estudio. El agua además bajo este sistema de captación está expuesta a mayor contaminación. Por otro lado se determina la carencia de una política adecuada para la gestión y uso de agua. El caserío Bajo Ihuamaca por su ubicación en zona de ceja de selva, existen varias posibilidades de ocasión de una lluvia, un agua que podemos aprovecharla y cubrir la necesidad o demanda de agua requerida y garantizar una mejor calidad de vida de los pobladores, y de esta manera el desarrollo de la población rural. Sin embargo esta técnica no está siendo aplicada integralmente, pese a que es una de las técnicas más antiguas.

1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La escasez del recurso hídrico en nuestra zona de estudio, nos motiva a desarrollar la presente investigación, cuya formulación del problema se sintetiza en las interrogantes siguientes:

- 1) ¿podemos cubrir la demanda de agua de la población con la oferta de agua de lluvia?
- 2) ¿Es viable la instalación de un sistema de captación de agua de lluvia en la zona de estudio?

1.3.JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

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. La captación de agua de lluvia se aplica principalmente para abastecer de agua a la ganadería y agricultura y en algunos casos particulares para el consumo doméstico. El uso doméstico del agua, es un elemento muy importante dentro de su gestión integral, ya que abarca el empleo del agua por los miembros de la población para su consumo, higiene y saneamiento. El acceso de los pobladores a fuentes seguras de agua de buena calidad, en el tiempo y espacio, y a instalaciones adecuadas es fundamental para garantizar el bienestar del poblador rural y esencial para reducir los índices de pobreza.

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 las regiones de ceja de selva o regiones Rupa-Rupa, y la demanda insatisfecha del servicio de agua para consumo humano doméstico y otros en ámbitos rurales, es muy importante el estudio y evaluación de aprovechamiento del agua de lluvia.

El presente trabajo de investigación, se enmarca en la aplicación de conceptos de análisis para aprovechar el agua de lluvia, y establecer una base de datos para un posterior diseño de pequeñas obras particulares y comunales para cosechar (captar) y almacenar el agua de lluvia, como alternativa para enfrentar el desabastecimiento de agua en el caserío de bajo Ihuamaca.

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el aprovechamiento del agua de lluvia en zonas de ceja de selva. Caso: Caserío Bajo Ihuamaca – San Ignacio - San Ignacio – Cajamarca.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la viabilidad de un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia.
- Proponer una solución ante los problemas de escasez de agua.

CAPITULO II:

MARCO TEORICO

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El trabajo de investigación tiene relación con estudios realizados a nivel mundial, nacional, en la región norte del país, basados en la escasez de recursos hídricos como resultado del cambio climático, deterioro o mala calidad en la ejecución de proyectos de sistemas de agua potable; en efecto, mencionamos los antecedentes siguientes:

A Nivel Internacional.

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son utilizados intensamente en muchas zonas del planeta como una alternativa, frente a la escasez y respectiva demanda de agua. En la antigua Mesopotamia, cuando las civilizaciones crecieron demográficamente y algunos pueblos debieron ocupar zonas áridas o semiáridas del planeta tomando como alternativa para el riego de cultivos y el consumo doméstico la captación de agua de lluvia. A continuación se mencionan ejemplos relevantes de estructuras de captación de agua de lluvia en el mundo, basado en diferentes vestigios encontrados a través de la historia de este tipo de estructuras.

- En el Desierto de Negev, en Israel y Jordania, han sido descubiertos sistemas de captación de agua de lluvia que datan de 4,000 años o más, estos sistemas consistían en el desmonte de lomeríos para aumentar los escurrimientos superficiales, que eran entonces dirigidos a predios agrícolas en las zonas más bajas.
- En la ciudad de Roma (siglos III y IV a.C.); la ciudad en su mayoría estaba ocupada por viviendas unifamiliares denominadas “La Domus” que contaba con un espacio principal a cielo abierto “Atrio” y en él se instalaba un estanque central para recoger el agua de lluvia llamado “Impluvium”, el agua entraba por un orificio en el techo llamado “Compluvium”.
- En Irán se encuentran los “Abarbans”, los cuales son los sistemas tradicionales locales para la captación y almacenamiento de agua de lluvia.
- En la India se tiene conocimiento que al inicio de la era budista, los monjes vivían en zonas montañosas y en una caverna cercana a Bombay, labraron en la roca una serie de canaletas y cisternas para almacenar agua, de donde dependían las comunidades de alrededor para satisfacer sus necesidades domésticas.
- Otro caso semejante es el de Sassi de Matera, Italia en donde la ciudad está construida a orillas de barrancos profundos, los techos están tallados en la misma piedra y los pozos recolectores se construyeron alrededor de un patio en el que se cava un gran aljibe que recoge el agua de los tejados.

El agua de la lluvia es colectada por un sistema de drenaje dentro de las cuevas compuesto de canales de terracota que llevan el agua a la cisterna.

- En México durante la época prehispánica en la península de Yucatán los mayas y los toltecas aprovecharon los cenotes y las cuevas de formación natural, producto de la filtración del agua de lluvia a través de la superficie de piedra caliza, como medio de captar y almacenar agua de lluvia, fue esa riqueza de cenotes la que permitió el florecimiento de la cultura maya. Los habitantes cavaron canales y diques de drenaje para administrar el agua de lluvia y mediante de un sistema de

depósitos, estos permitía que la gente permaneciera en la zona durante la estación seca cuando escaseaba agua potable

A Nivel Nacional.

En el Perú ante la falta de agua en determinados lugares, existen prácticas sociales que pueden contribuir a su mejor gestión. Una evidencia viva de ellas son las llamadas amunas, palabra quechua que se refiere a un sistema prehispánico de siembra y cosecha del agua. El sistema de las amunas consiste en captar las aguas que se producen por el escurrimiento de las lluvias en las alturas, arriba de los 4.400 msnm, a través de acequias y llevarlas hasta zonas previamente identificadas donde hay rocas fisuradas o fracturadas de la montaña. Al ingresar a la roca, el agua se desplaza lentamente dentro de ella para aflorar, meses después, por los manantiales (ojos de agua o puquios) y arroyos que están entre 1.500 y 1.800 metros más abajo. Para que las amunas puedan funcionar es indispensable la existencia de la comunidad, pues constituye un factor fundamental para el trabajo, tanto en el aspecto físico como de organización de este proceso de siembra, cosecha, conducción e infiltración del agua de lluvia en la montaña, para recargar “humanamente” los acuíferos. Tal como lo manifiesta la antropóloga Fánel Guevara: “Sin comunidad organizada, no son posibles las amunas. En muchos lugares donde las comunidades han desaparecido o se han debilitado, los habitantes actuales ya no tienen claro el concepto del cómo y para qué se recargan los acuíferos”. Actualmente esta tecnología social se sigue utilizando en San Andrés de Tupicocha, en la provincia de Huarochirí, Perú. Allí, donde no hay nevados y todo depende de las lluvias, los pobladores han encontrado en las amunas una forma de sembrar y cosechar agua. Según declaraciones de los comuneros, ellos tienen el convencimiento de que las amunas funcionan para la conservación del agua en los manantiales y arroyos en la época seca o de estiaje, para su aprovechamiento doméstico y agropecuario pero también para los servicios públicos; por ello se organizan año tras año, con reverencia y ritualidad en una gran faena comunal de agradecimiento y promesa. Las amunas constituyen un sistema complejo de gestión del agua y el territorio, basado en el conocimiento del ciclo del agua, de la geografía de los Andes, de la organización y el trabajo comunitarios, cohesionados por una cultura ancestral que perdura y refuerza la identidad y el sentido de pertenencia.

En el caso de Perú, si bien el país cuenta con una gran disponibilidad hídrica que lo ubica entre los 20 países más privilegiados con el recurso en el mundo (72 mil 510 metros cúbicos por habitante al año) sólo se utiliza una pequeña parte de ella, ya que en su mayoría el agua se desperdicia. Según la Autoridad Nacional del Agua, el 50% del agua se va al mar por falta de infraestructura apropiada (reservorios); mientras que otro 25% del recurso se desperdicia por falta de eficiencia de parte de los usuarios. Frente a esta realidad, desde el año 2005 la Fundación Ayuda en Acción ejecuta el programa de “Siembra y Cosecha de Agua”, una propuesta que busca hacer frente a la escasez de agua en las zonas alto andinas de Perú ocasionada por su mal uso, la deforestación y el cambio climático. La “cosecha de agua” es una alternativa sostenible en aquellas zonas donde es más complicado acceder a este recurso. Este programa tiene como punto de partida la siembra de especies de plantas que actúan como esponjas y captan gran cantidad de agua de lluvia. Con el tiempo, esa agua es “cosechada” mediante canales y en grandes reservorios que sirven para aprovechar el agua de la lluvia y también de los manantiales. A través de estos reservorios es posible utilizar el agua de manera eficaz ya que además

se incorporan sistemas de riego tecnificado que hacen posible la siembra en tierras secas donde antes era imposible cultivar. Así, hasta el 2011 Ayuda en Acción ha construido 274 reservorios con una capacidad total para almacenar 688,380 metros cúbicos de agua y que han beneficiado a 6,329 familias (alrededor de 28,481 personas) que viven de la agricultura de las regiones de Cajamarca (Bambamarca, Chota, Cutervo y Santa Cruz), Ayacucho, La Libertad (Gran Chimú), Piura (Ayabaca) Cusco y Puno. Gracias a estos reservorios, las familias campesinas beneficiadas ahora pueden tener dos cosechas al año (antes sólo podían tener una por falta de agua) y disponen de los alimentos que producen no sólo para generar ingresos sino, fundamentalmente, para su autoconsumo, lo cual garantiza la seguridad y soberanía alimentaria de la población.

A Nivel Regional.

El principal problema de nuestra región Cajamarca es la falta de agua, especialmente durante los meses de mayo a diciembre de cada año, sin agua no hay siembra de cultivos alimenticios, no hay pastos, no hay árboles e incluso en algunos casos extremos no hay ni siquiera agua para tomar, por ello es la tarea fundamental que se debe impulsar en toda nuestra región Cajamarca porque no decirlo en toda la sierra peruana es la siembra y cosecha del agua de lluvia. (Vásquez Absalón, 2018)

La Autoridad Nacional del Agua (ANA), a través de la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Marañón, conjuntamente con el Programa Sierra Azul y el Programa Subsectorial de Irrigaciones (PSI) del Ministerio de Agricultura y Riego, capacitó en “Siembra y cosecha de agua” a más de 50 agricultores del distrito José Sabogal, provincia de San Marcos, región Cajamarca, a fin de prepararlos en la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático.

Se manifestó que el empleo de agua de lluvia es una buena opción para el aprovechamiento eficiente del recurso hídrico, permitiendo a los campesinos disponer del recurso hídrico especialmente en condiciones extremas debido al cambio climático.

A Nivel Local

Tanto en el distrito como provincia de San Ignacio no existen proyectos o programas sobre el aprovechamiento de agua de lluvia, sabiendo o conociendo que existen precipitaciones constantes, un agua que se puede aprovechar y utilizar para diferentes usos, como domésticos, en la agricultura como el lavado de café, ya que el distrito de San Ignacio su actividad económica es netamente dedicada al café. La mala ejecución de obras de proyectos de abastecimiento de agua potable a localidades, en momentos de constantes precipitaciones ocasionan deslizamientos que caen sobre las tuberías de las líneas de conducción de agua potable u obstruyen las tuberías con sedimentos o lodos en la captación, esto deteriora y destruye temporalmente los sistemas de abastecimiento, dejando a muchas localidades sin agua por algunos días hasta que se recupere el sistema. En general, cuando existen fuertes lluvias existe la gran posibilidad de que no haya agua durante esos días, por el deterioro de las captaciones y/o líneas de conducción. Es por eso que nace la iniciativa de buscar algunas alternativas diferentes de abastecimiento de agua de manera social, económica y amigable con el medio ambiente.

2.2. BASES TEÓRICAS

Aprovechamiento de Agua de Lluvia

- **Casas, S.A. (2008).** Aprovechamiento Potencial del Agua de Lluvia caso Sub Región Alto Mayo – San Martín, Perú.
Investigación donde el autor muestra su preocupación por el uso y aprovechamiento sostenible de las precipitaciones que se dan en la Sub Región de Alto Mayo – San Martín, nos hace de conocimiento que la aplicación del modelo SCAPT (Sistema de Captación de Almacenamiento de Agua Pluvial en Techos) en la cuenca del alto mayo, es una alternativa para el aprovechamiento potencial del agua de lluvia local, para uso doméstico, recreacional y agropecuario. Lo que afianza la idea de implementar los sistemas de captación y aprovechamiento de aguas de lluvia para abastecer de agua potable a comunidades que no tienen acceso a este recurso.
- **Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.** El agua es un recurso vital para la producción vegetal y animal. Los seres vivos están más adaptados a sobrevivir con escasez de alimentos que con falta de agua. Esta importancia no solamente tiene que ver con las funciones metabólicas del agua para las plantas y animales (estructurales, transporte de solutos, turgencia celular, participación en reacciones y ciclos, etc.), sino también con sus características dinámicas en estos procesos metabólicos. La velocidad con que se puede pasar de una situación de disponibilidad plena hacia una situación de escasez de agua es mayor que en el caso de los nutrientes esenciales. Por ejemplo, un suelo no pasa de rico en nutrientes a una condición de deficiente en pocos días, pero la disponibilidad de agua sí. A excepción de algunas especies, no hay almacenamiento de reserva de agua de largo plazo en el organismo: su consumo ocurre casi en tiempo real, en la medida que se necesita. Una planta puede estar en plena actividad hídrica a las diez de la mañana y cuatro horas después presentar déficit, si no se mantiene el flujo de agua del suelo. Esta característica dinámica de la disponibilidad hídrica es todavía más importante en la medida que las condiciones climáticas, principalmente la precipitación, son inciertas. El agua disponible, si no es aprovechada inmediatamente o almacenada para uso posterior, fluye hacia fuera de la zona de interés y alcance del agricultor y su familia (su vivienda, establo, cultivo, pasto, finca o parcela) y pasa a otras fases y componentes del ciclo hidrológico (napa freática, escorrentía, cauces de arroyos y ríos, atmósfera).
- **Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.** La creciente demanda por agua y el aumento de actores que compiten por ella, ha llevado a muchos países del mundo a emprender importantes reformas en relación a sus recursos hídricos. Estas reformas incluyen, entre otras medidas, la readecuación de sus instituciones, cambios al ordenamiento jurídico y legal, mejoramiento y tecnificación de los sistemas de riego, el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías de captura y reutilización del agua y una creciente tendencia a obtener agua potable a partir de procesos de desalación. De

esta manera, los sistemas de captación de agua de lluvia se han transformado en una iniciativa real que permite ampliar la disponibilidad del recurso agua en épocas de crisis y escasez hídrica, especialmente en aquellos sectores que hoy día están siendo cubiertos por camiones aljibes.

El Valor del Agua

- **Gestión Integrada de los Recursos Hídricos:** La lluvia representa el punto donde comienza un largo camino a través del ciclo hidrológico (infiltración, recarga de acuíferos transpiración, reciclaje de humedad, escorrentía superficial) El agua lluvia se considera generalmente como un bien que no se debe pagar, sin embargo es el tipo de agua que tiene el mayor valor.
El agua de lluvia tiene muchas oportunidades para su uso y re-uso: en agricultura de secano, irrigación, para uso urbano e industrial, para prestar servicios ambientales, etc.

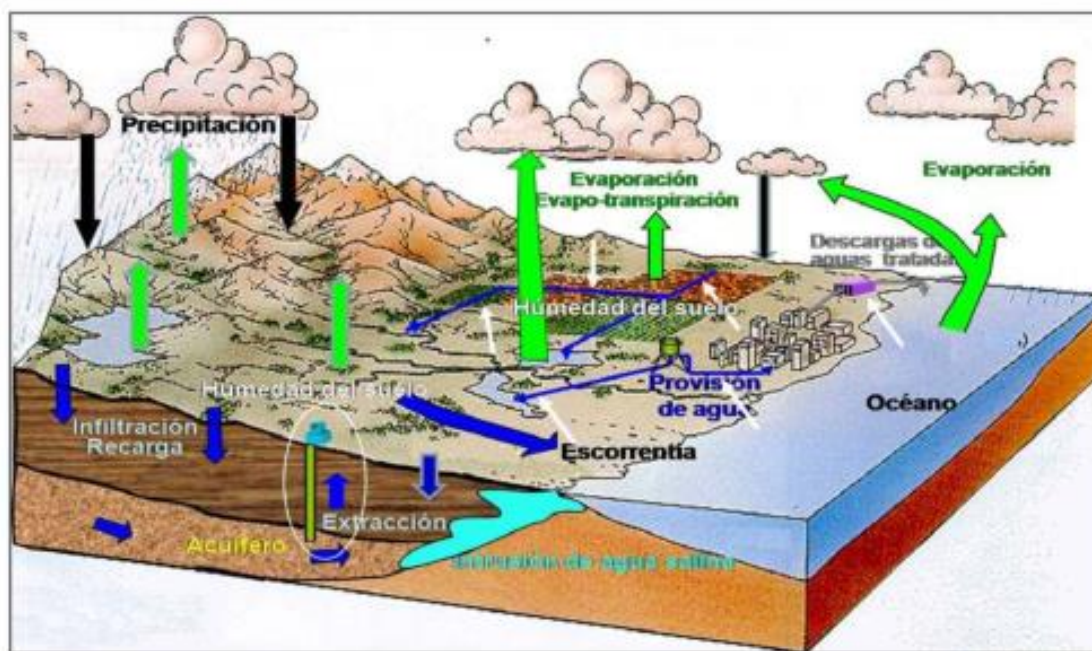
Consumo de Agua

- **Organización Mundial de la Salud:** considera que la cantidad adecuada de agua para consumo humano (beber, cocinar, higiene personal, limpieza del hogar) es de 50 l/hab-día. A estas cantidades debe sumarse el aporte necesario para la agricultura, la industria y, por supuesto, la conservación de los ecosistemas acuáticos, fluviales y, en general, dependientes del agua dulce. Teniendo en cuenta estos parámetros, se considera una cantidad mínima de 100 l/hab-día.

2.2.1. EL CICLO HIDROLÓGICO

Las aguas de nuestro planeta, constituyen un volumen que no se incrementa, es un volumen único, tienen un ciclo permanente, que empieza con la evaporación de las aguas de los océanos y lagos, la circulación del vapor de agua en la atmósfera, hasta formar nubes, continúa con la condensación del vapor de éstas en forma de precipitaciones, la lluvia que al caer en las partes altas del planeta, se convierten en hielo y también en aguas superficiales de los ríos, lagos y grandes embalses, las que finalmente cierran el ciclo hidrológico, regresando nuevamente a los océanos. Una parte del agua superficial, se infiltra en el terreno, formando las aguas subterráneas.

Imagen N° 01: El Ciclo Hidrológico



El movimiento continuo de agua entre la Tierra y la atmósfera se conoce como ciclo hidrológico, el cual no tiene ni principio ni fin y es un proceso continuo. Los océanos a la superficie y desde la superficie, o desde las plantas a la atmósfera que envuelve nuestro planeta. Los principales componentes naturales de los procesos del ciclo hidrológico son: precipitación, infiltración, escorrentía, evaporación y transpiración.

Las actividades humanas (asentamientos poblacionales, industria y agricultura) pueden alterar los componentes del ciclo natural a través de la utilización, reutilización y vertido de residuos en los recorridos naturales de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.

2.2.2. EL AGUA

Del latín *aqua*, es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O). 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.

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.

2.2.2.1. 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).

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.

2.2.2.2. 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:

2.2.2.2.1. 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.

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.

2.2.2.2.2. 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.

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.

2.2.2.2.3. 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.

2.2.2.3. Distribución del Agua en la Tierra

La superficie de la Tierra está constituida por los océanos y los mares que cubren casi las tres cuartas partes de la superficie terrestre. Su volumen total supone el 97.5% del agua que hay en la Tierra, mientras que las aguas dulces (ríos y lagos) apenas llegan al 2.5%. El agua que se encuentra en la Tierra se puede dividir en dos grandes grupos: las aguas oceánicas y las aguas continentales.

Imagen N° 02. Distribución del Agua en la Tierra.



2.2.2.4. 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).**

2.2.2.4.1. 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 adaptarse al cambio climático pueden tener un impacto sobre los hídricos y el modo de gestionarlos pueden 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).**

2.2.3. LA PRECIPITACIÓN

Las precipitaciones son importantes porque ayudan a mantener el balance atmosférico. Sin precipitación, todo el planeta sería un desierto. Las precipitaciones ayudan a la flora, las siembras y nos proporcionan agua para beber. Sin embargo, las precipitaciones también pueden ser dañinas. Demasiada lluvia puede ocasionar inundaciones severas, daños en el campo y en zonas urbanas. **(Villón, 2011).**

2.2.3.1. Definición de la Precipitación.

Como precipitación se conocen todas las formas de humedad que caen a la tierra, provenientes de las nubes como agua, nieve hielo. La precipitación constituye la entrada primordial del sistema hidrológico y es el factor principal que controla la hidrología de una región.

En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que se precipita del cielo a la superficie terrestre. Según la definición oficial de la Organización Meteorológica Mundial, la lluvia es la precipitación de partículas de agua líquida de diámetro mayor de 0.5 mm, o de gotas menores pero muy dispersas. Cualquier producto formado por la condensación de vapor de agua atmosférico en el aire libre o la superficie de la tierra es un hidrometeoro. La lluvia depende de tres factores:

- Presión
- Temperatura
- Radiación solar.

2.2.3.2. Como se Mide la Precipitación

La precipitación se mide por la altura que el agua caída alcanzaría sobre una superficie plana y horizontal, en la que no existieran pérdidas por infiltración y evaporación; tal altura se mide en milímetros (mm). La medición de la precipitación se efectúa por medio de pluviómetros o pluviógrafos. (Villón, 2011).

a) El pluviómetro

Proporciona la altura de precipitación total en milímetros en intervalos de tiempo fijados, generalmente de 24 horas.

b) El pluviógrafo

Mide continuamente la precipitación en el tiempo, es el mismo pluviómetro provisto de un mecanismo de relojería que le permite marcar en un tipo especial de papel la variación de la precipitación con el tiempo.

2.2.3.3. Formas de Precipitación.

Las gotas de agua pequeñas son casi esféricas, mientras que las mayores están achatadas. Su tamaño oscila entre los 0.5 y los 6.35 mm, mientras que su velocidad de caída varía entre los 8 y los 32 km/h, dependiendo de su volumen. (Villón, 2011).

Por la forma en que cae, se pueden clasificar en precipitación:

- Llovizna.-** Son gotas de agua pequeñas por lo que su velocidad de caída es bastante baja y rara vez sobrepasa un valor de 1 mm/hrs.
- Chispear.-** Se usa para describir un término medio entre una llovizna y una lluvia débil. En comparación con la primera de éstas, la pluviosidad es mayor y las gotas también aumentan de tamaño.
- Lluvia.-** Consiste en gotas de agua líquida con diámetros mayores a las que componen la llovizna propiamente dicha, va de débil a moderada, sin alcanzar la intensidad de una tormenta.

Comúnmente se reportan cuatro intensidades de lluvia:

- Ligera, hasta 2.5 mm/hora.
- Moderada, entre 2.5 y 7.6 mm/hora.
- Fuerte, mayores a 7.6 mm/hora.
- Torrencial, aquella que supera los 12.7 mm/hora.

Cada milímetro medido de precipitación representa la altura en lámina precipitada, que tendría un cubo con un área igual a un metro cuadrado y una altura de 1 mm.

- d) **Escarcha.-** Es una capa de hielo que se forma producto del enfriamiento de una superficie húmeda producida por lluvia o llovizna.
- e) **Chubasco.-** El viento, las gotas y la intensidad, aumentan.
- f) **Tormenta.-** Puede ser débil o intensa, su precipitación es alta y las gotas son grandes, el viento es intenso e incluye la posibilidad de que se precipite granizo.
- g) **Nieve.-** Está compuesta por cristales de hielo blanco o traslúcido.
- h) **Granizo.-** Precipitación en forma de bolas o cristales irregulares de hielo que se producen generalmente por nubes convectivas.
- i) **Tromba.-** Es más fuerte que la tormenta, tiene viento intenso, gotas grandes, precipitación suficientemente alta para inundar y causar estragos. Esta lluvia tiene la capacidad de crear granizo sumamente grande y con posibilidad de aparición de tornados.

En general las nubes se forman por enfriamiento del aire por debajo de su punto de saturación. Este enfriamiento puede tener lugar por varios procesos, que conducen al ascenso y descenso de la presión y descenso térmico asociado. La intensidad y cantidad de precipitación dependerán del contenido de humedad del aire y la velocidad vertical.

2.2.3.4. Tipos de Precipitación.

De acuerdo con la causa que origina el ascenso de la masa húmeda, pueden distinguirse tres tipos de precipitación:

- a) **Precipitación Ciclónica.-** Resulta del levantamiento del aire que converge de un área de baja presión o ciclón.
- b) **Precipitación Convectiva.-** Es causada por el ascenso de aire cálido más liviano que el aire frío de los alrededores. Se caracteriza por ser puntual y su intensidad puede variar entre aquella correspondiente a lloviznas ligeras o aguaceros.
- c) **Precipitación Orográfica.-** Resulta del ascenso mecánico sobre una cadena de montañas.

Es importante destacar que en la naturaleza, los efectos de estos varios tipos de enfriamiento a menudo están interrelacionados, de manera que la precipitación resultante no puede identificarse como de un solo tipo.

2.2.4. OFERTA DEL AGUA DE LLUVIA

De la información existente se conoce que de los 119,000 km³ de agua de lluvia que se precipita sobre las tierras (superficie sólida), se produce una evaporación anual de 72,000 km³, lo cual da como resultado que el agua de lluvia disponible para escurrir superficial es de 47,000 km³.

En forma particular la oferta de agua de lluvia para una determinada zona, depende de la precipitación pluvial y del área de precipitación; en tal sentido en nuestro país existen tres regiones claramente diferenciadas:

- **Costa:** En esta región la oferta de agua de lluvia es mínima, pues las precipitaciones promedios anuales son escasas, en la mayor parte, éstas son menores a los 30 mm, salvo la zona norte, donde puede alcanzar valores de 300 mm., pero en situaciones excepcionales, tales como la presencia del Fenómeno del Niño, donde sí se presentan lluvias de mayor intensidad.
- **Sierra:** En esta región existe adecuada oferta de aguas de lluvias, su precipitación promedio anual fluctúa alrededor de los 1,000 mm.
- **Selva:** Es la región donde se presenta la mayor oferta de aguas de lluvias pues la precipitación promedio anual, es superior a los 1,000 mm., alcanzando valores superiores a los 3,500 mm.

2.2.5. SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

La captación de agua de lluvia es un sistema ancestral que ha sido practicado en diferentes épocas y culturas. Este sistema es un medio fácil y sensato de obtener agua para el consumo humano y para el uso agrícola. En aquellos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se cuenta con la suficiente cantidad y calidad de agua para consumo humano, se puede recurrir al agua de lluvia como fuente de abastecimiento. El agua de lluvia puede ser interceptada, colectada y almacenada en depósitos especiales para su uso posterior. Esto haría posible el hacer más llevadero el tiempo de secas y en un futuro sobrevivir las secas, ya que por el mal uso del agua y por factores tales como la deforestación masiva en el planeta, el agua ira escaseando progresivamente lo cual significa que en un futuro no muy lejano, el sistema de captación de agua de lluvia será un mecanismo de sobrevivencia.

La captación de aguas pluviales (o de lluvia) es el arte de desviar y capturar la precipitación (Aguas de lluvia o nieve derretida) para usarse en la vida diaria. La captación del agua de lluvia puede ser definida como la recolección de los escurrimientos superficiales para uso productivo.

2.2.5.1. Componentes Básicos de un Sistema de Captación de Agua de Lluvia

- a) **Captación:** Es la elemento destinado 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.
- 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.

- c) **Almacenamiento:** Es el depósito destinado para la acumulación, conservación y abastecimiento del agua lluvia a los diferentes usos.

Imagen N° 03: Elementos de un Sistema de Captación de Agua de Lluvia



2.2.5.2. Principales Sistemas de Captación de Agua de Lluvia

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son utilizados intensivamente en muchas zonas del planeta y es el resultado de las necesidades de demanda de agua. Se implementan cuando no existe una red de acueducto o el suministro es deficiente; cuando no se dispone de los recursos, es decir no exista dinero para invertir y los materiales de construcción son muy costosos, cuando la calidad del agua es muy baja provocada por su contaminación, cuando la disponibilidad de agua subterránea y superficial es muy baja o por prácticas culturales y la legislación vigente de cada región.

Diferentes formas de captación de agua de lluvia se han utilizado tradicionalmente a través de la historia de las civilizaciones; pero estas tecnologías sólo se han comenzado a estudiar y publicar en fechas recientes. La captación de agua de lluvia es un medio tan antiguo de abastecimiento de agua, que perdió importancia a partir del rápido crecimiento de las ciudades y cuando los avances tecnológicos permitieron introducir el agua por medio de tuberías en nuestros domicilios. Muchas de las obras históricas de captación de agua de lluvia para uso doméstico se originaron principalmente en Europa y Asia, se han practicado desde que surgieron los primeros asentamientos humanos y se tiene conocimiento de que se empezaron a utilizar hace más de 4000 años a.C. en la antigua Mesopotamia, cuando las civilizaciones crecieron demográficamente y algunos pueblos debieron ocupar zonas áridas o semiáridas del planeta tomando como alternativa para el riego de cultivos y el consumo doméstico la captación de agua de lluvia.

2.2.5.3. Clasificación de los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia.

Como se ha podido apreciar, se han utilizado distintos Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia a través del tiempo hasta la actualidad; por tal motivo a continuación se presenta una clasificación de los métodos alternativos de

captación y uso eficiente de agua, las cuales fueron identificados a través de la investigación y experiencias de investigadores dedicados al uso eficiente del agua y basada conforme a la forma como el agua escurre por techos o sobre suelos naturales, caminos, patios o áreas de captación especialmente preparadas y al uso que se le da. Esta clasificación incluye:

- Sistemas para uso humano.
- Sistemas para uso agrícola y ganadero.
- Recarga de mantos acuíferos en zonas urbanas.
- Captación de agua de niebla.

2.2.5.3.1. Sistemas para Uso Humano.

Dentro de esta clasificación entran las técnicas de captación de agua de lluvia que aprovechan el escurrimiento superficial captado a través de tejados o superficies terrestres para ser almacenada luego en diversos tipos de cisternas y utilizarse en la vida diaria como son:

Los sistemas de captación de agua de lluvia: es un medio para obtener agua para consumo humano y uso doméstico. Consiste de cinco elementos principales que son la captación, recolección y conducción, interceptor o filtro, almacenamiento y un sistema de distribución.

Estos sistemas pueden ser muy sencillos o sofisticados con tratamientos automáticos en cada proceso y con monitoreo electrónico dependiendo del uso que se le dé al agua captada como: uso sanitario, limpieza, alimentación, riego de jardines, etcétera. Existe una gran diversidad de estos sistemas en los cuales comúnmente varía principalmente el elemento de almacenamiento utilizando lagunas, zanjas o aljibes revestidos con ladrillo, polietileno o plástico, piletas de ladrillo de arcilla y concreto y pozos cisternas.

2.2.5.3.2. Sistemas para Uso Agrícola y Ganadero

Estos sistemas están enfocados a mejorar la producción de los cultivos, árboles y pastizales en áreas propensas a sequía en lugar de que el escurrimiento superficial provoque erosión además de convertirse en lugares aptos para abrevadero de ganado. Funcionan bajo el concepto de micro captación in situ, el cual manipula los escurrimientos superficiales para su almacenamiento en presas de tierra, estanques, jagüeyes y aljibes, que aún representan la fuente principal de agua en muchos ejidos y ranchos. Las técnicas de micro captación in situ involucran conservación del suelo, aumentan la disponibilidad de agua para los cultivos, mitigan los efectos de sequía y mejoran el entorno ecológico.

La micro captación in situ del agua de lluvia se diferencia de la captación general, básicamente en tres aspectos:

- a) Porque el sistema de captación se realiza exclusivamente para emplearlo en cultivos básicos, forrajeros, vegetación nativa, árboles, arbustos y frutales.
- b) Porque el área de escurrimiento, está formada por micro captaciones que aportan cantidades adicionales de agua y no tienen que conducirla a grandes distancias, ya que dicha área está adyacente al área destinada al almacenamiento.

- c) Porque el área de almacenamiento incluye el mismo suelo, en el cual se desarrollan las raíces de los cultivos.

Estos sistemas de captación de agua de lluvia son especialmente relevantes para zonas áridas y semiáridas y donde los problemas de degradación ambiental, sequía y presiones de población son más evidentes.

2.2.5.3.3. Recarga de Mantos Acuíferos en Zonas Urbanas.

La falta de estudios geo hidrológicos, geofísicos, y geológicos en la realización de nuevas construcciones, ocasiona que la captación de agua pluvial sea menor y no se le dé la importancia que amerita, ya que al ocupar lo que antes eran áreas verdes con nuevos desarrollos habitacionales, consorcios comerciales, etcétera. La infiltración del agua de lluvia al subsuelo se reduce por el incremento de las zonas pavimentadas y su desalojo a través de drenajes, lo que genera problemas de gran magnitud en obras recientes; pues la sobreexplotación del manto acuífero modifica de manera considerable la estructura del subsuelo. Se parte de estos problemas para darnos cuenta de la importancia que tiene la infiltración, no solo para el abastecimiento del agua; sino para la preservación del ciclo hidrológico.

2.2.5.3.4. Captación de Agua de Niebla.

Se presenta el estudio de las condiciones climáticas y de la captación de agua de niebla en Lachay y Atiquipa, considerada como áreas representativas de lomas ubicadas en las intercuencas de la costa desértica del Perú. El clima en las lomas costeras se caracteriza por presentar una ocurrencia de niebla entre mayo y diciembre, una precipitación anual de 67.8 mm y una temperatura promedio de 13.6°C (agosto) y 22.2°C (febrero). Mientras que la captación de agua de niebla (CAN) tuvo un promedio de 2.8 l/m²/d (Lachay) y 1.7 l/m²//d (Atiquipa) para el periodo mayo-agosto de 1988. Los resultados demostraron que la niebla es una fuente de recurso hídrico en las lomas que requiere ser evaluada con mayor información de CAN y de parámetros meteorológicos, a fin de establecer la disponibilidad del recurso hídrico en el año.

2.2.5.4. El Agua de Lluvia, Alternativa para Optimizar el Uso del Agua Potable

La cosecha de agua de lluvia es una técnica que se ha utilizado desde hace miles de años, práctica que luego fue dejada de lado, pero que por la escasez crítica de agua que padecen muchas de las grandes ciudades alrededor del mundo, actualmente está resurgiendo en diversas áreas urbanas.

a) Beneficios de la Cosecha de Agua de Lluvia

- Reduce el requerimiento de agua potable por persona, y reduce la dependencia por el uso de agua entubada.
- Reduce los escurrimientos de agua pluvial hacia el sistema de drenaje.
- La instalación de un sistema de captación de agua de lluvia, se realiza con materiales disponibles en el mercado y a costos accesibles.
- Genera una cultura sobre la importancia del aprovechamiento de agua lluvia.

b) La Cosecha de Agua de Lluvia Constituye una Alternativa Cuando:

- La dotación de agua potable es insuficiente.

- El abastecimiento a través de agua entubada resulta muy costoso.
 - La precipitación anual proporciona un volumen que justifique su uso.
 - Se otorgan incentivos para cosechar agua de lluvia.
- c) **El Agua de Lluvia puede ser Aprovechada en las Siguietes Actividades Domésticas:**
- En limpieza de inodoros.
 - En la limpieza de pisos, baños y cocinas.
 - Lavado de enseres domésticos y ropa.
 - Riego de jardines y huertos.

También, el agua de lluvia puede ser utilizada en la industria, los comercios y equipamientos urbanos, públicos y privados; pudiendo ampliarse el espectro de actividades propicias para el uso del agua de lluvia, mediante procesos específicos de filtración para garantizar la calidad del agua.

Como se puede apreciar, la cosecha y el aprovechamiento de agua de lluvia constituyen una alternativa; para ello, se requiere implementar instrumentos normativos y de gestión dirigidos a promover e incentivar la práctica de la cosecha y aprovechamiento de agua de lluvia.

2.2.5.5. Impacto y Limitaciones de los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia

La implementación de estos tipos de sistemas, puede impactar diferentes aspectos de la sociedad, tal como se comenta a continuación:

- a) **Economía**
- El agua de lluvia es un recurso gratuito y fácil de mantener.
 - La reducción en el consumo de agua potable entubada reduce la tarifa que pagan las familias.
 - Empleo de mano de obra y materiales locales.
 - No requiere energía para la operación del sistema.
 - Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección del agua.
- b) **Medio Ambiente**
- Ahorro energético en potabilización, desalinización o transporte de agua.
 - Conservación de las reservas de agua potable en acuíferos.
- c) **Salud**
- Agua limpia en comparación con las otras fuentes de agua por mantenerse en menor contacto con contaminantes.
 - El agua se mantiene en óptima calidad para su uso.
- d) **Social**
- Educación y disciplina de la población para que haga un buen uso del agua.

En cuanto a las limitaciones de los sistemas de captación de agua de lluvia pueden mencionarse:

- Dependen directamente de la cantidad de precipitación que se presente en la zona.

- Alto costo inicial en algunos casos lo cual limita su implementación por parte de familias de bajos recursos.

Lo anterior pone de manifiesto la necesidad de establecer nuevas políticas de gobierno que incentiven el uso de los sistemas de captación de agua de lluvia.

2.2.6. NORMATIVIDAD EXISTENTE

Siendo que la escasez de agua constituye un problema que se agrava cada día, la comunidad mundial está volcando su atención a ésta situación, en este contexto el 4to Foro Mundial del Agua, efectuado en el 2006, en su declaración reconoció el interés y la importancia de prácticas innovadoras como el manejo del agua de lluvia, considerando el hecho de que cada día nos enfrentamos a un progresivo deterioro de las principales fuentes de agua dulce que son utilizadas para abastecer a las ciudades.

2.2.6.1. Normativas en Algunos Países

Ante el creciente problema de la falta de agua, en diversas zonas del planeta, algunos estados, con la finalidad de promover el uso del agua de lluvia en forma orgánica, están dictando dispositivos legales, así tenemos que:

- En el Distrito Federal de México, la Ley de aguas aprobada en el 2003, señala que en todas las nuevas edificaciones, instalaciones, equipamientos, viviendas obras públicas que se construyan, será obligatorio, construir las obras e instalar los equipos e instrumentos necesarios para cosechar agua de lluvia. Pero a la vez, la indicada ley, señala que, la cosecha de agua de lluvia debe ser considerada política prioritaria y, por tanto, promovida, organizada incentivada; en armonía a lo cual, actualmente, las personas que acrediten ser propietarias de edificios respecto de los cuales demuestren la aplicación de sistemas sustentables, entre otros disponer de sistemas de recolección de agua de lluvia, gozarán de beneficios tributarios.
- En Argentina, el año 2012, se aprobó un proyecto de ley que exige a los edificios nuevos implementar un Sistema de Recolección de Aguas de Lluvia; las que serán destinadas para limpieza de veredas, patios y riego de jardines con el objetivo de preservar el agua potable y contribuir a crear conciencia para su uso racional. Esta ley no incluye a los edificios ya construidos aunque prevé beneficios para aquellos que voluntariamente adecuen sus instalaciones para cumplir por lo menos en parte los objetivos buscados.
- En España, la normativa vigente, el Código Técnico de la Edificación, del 2008, prevé la instalación de depósitos de almacenamiento de pluviales en edificios públicos.
- En la ciudad de Barcelona, a mediados de abril de 2008 el pleno del Ayuntamiento de la ciudad aprobó una proposición para la instalación progresiva de depósitos de aguas pluviales en los edificios de titularidad municipal, tanto en los de nueva construcción como en los ya existentes.

2.2.6.2. Normativas en Nuestro País

En nuestro país carecemos de una normatividad que promueva el aprovechamiento del agua pluvial, nuestras normas con respecto al agua de lluvia, se circunscriben a reglamentar su evacuación de los centros urbanos, así tenemos la Norma OS.060 de Drenaje Pluvial Urbano, el cual tiene como objetivo establecer los criterios de diseño que permitan la elaboración de proyectos de drenaje pluvial urbano que comprende la recolección, transporte y evacuación a un cuerpo receptor de aguas pluviales.

Existiendo zonas en nuestro país donde se presentan volúmenes de precipitación importantes, con los cuales se pueden aliviar los volúmenes de agua potable, actualmente utilizada, debería dictarse normas que promuevan e incentiven el aprovechamiento de agua pluvial.

2.2.6.2.1. Reglamento Ley de Recursos Hídricos

Artículo 9°.- Objetivos del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos

Son objetivos del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos los siguientes:

- a) Coordinar y asegurar la gestión integrada, participativa y multisectorial; el aprovechamiento sostenible, el uso eficiente, la conservación, la protección de la calidad y el incremento de la disponibilidad de recursos hídricos, en los ámbitos territoriales de los órganos desconcentrados de la Autoridad Nacional del Agua y en las cuencas hidrográficas.
- b) Promover la elaboración de estudios y la ejecución de programas y proyectos de investigación y capacitación en materia de gestión de recursos hídricos, de acuerdo con la Política y Estrategia Nacional de los Recursos Hídricos, el Plan Nacional de los Recursos Hídricos y los planes de gestión de recursos hídricos en la cuenca.
- c) Contribuir en la planificación, concertación, regulación y uso sostenible, conservación, preservación y la recuperación del agua y de sus bienes asociados.
- d) Promover el establecimiento de una cultura del agua que reconozca el valor ambiental, cultural, económico y social del agua.

2.3. FACTIBILIDAD

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

2.3.1. 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.

2.3.2. 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. **(Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural, 2001).**

2.3.3. 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. 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. 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. **(Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural, 2001).**

2.3.4. Factor Ambiental

En la actualidad todos los proyectos deben considerar las consecuencias ambientales que se contraen con la obra a realizar, en este caso las obras alternativas contribuyen con el factor ambiental, la disponibilidad del agua como elemento primordial para la conservación de otros recursos naturales como flora, fauna y regeneración natural, mejora el ambiente escénico, el clima es más saludable, lo que a la vez hace que las tierras ubicadas en estas condiciones adquieran un mejor valor. En el aspecto agronómico se considera que en mejores condiciones ambientales, hay menos daños de plagas a los cultivos, además de alargar las reservas de agua potable disponibles al ahorrar en el consumo.

2.4. HIPÓTESIS

La solución del problema planteado es aprovechar el agua de lluvia para cubrir demandas de agua faltantes en zonas rurales de la región natural ceja de selva donde las precipitaciones son constantes.

2.4.1. HIPOTESIS ESPECIFICA

Si con el modelo a analizar se determina su viabilidad el estado puede invertir en este tipo de abastecimiento en otras zonas del país con igual necesidades de escasez de agua.

2.5. VARIABLES

Análisis para determinar el aprovechamiento del agua de lluvia.

2.5.1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE VARIABLE

Consiste en analizar el agua de lluvia para determinar si es suficiente para poder cubrir la demanda de agua en las diferentes actividades domésticas, y establecer una solución inmediata ante la crisis de escasez de agua.

CAPITULO III: METODOLOGIA

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1.TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION

3.1.1. Modo de Investigación.

Campo, No Experimental

3.1.2. Tipo de Investigación

a) De Acuerdo al Fin que se Persigue

Investigación Aplicada

b) De Acuerdo a su Diseño

Investigación Descriptiva.

3.2.DESCRIPCION DEL AMBITO DE LA INVESTIGACION

3.2.1. Ubicación

La localidad de Bajo Ihuamaca se ubica a 45 minutos de la ciudad de San Ignacio aproximadamente con altitud promedio de 1,748.00 m.s.n.m

3.2.2. Ubicación Geográfica

- Localidad : Bajo Ihuamaca.
- Distrito : San Ignacio
- Provincia : San Ignacio
- Región : Cajamarca.

3.2.3. Limites

- Norte : Con el distritos Namballe.
- Sur : Con el distrito de Bellavista.
- Este : Con el distrito de Chirinos.
- Oeste : Con los distritos San José de Lourdes y Huarango

Imagen N° 04: Perú: Localización Geográfica del Departamento de Cajamarca



Imagen N° 05: Localización Gráfica de la Provincia de San Ignacio

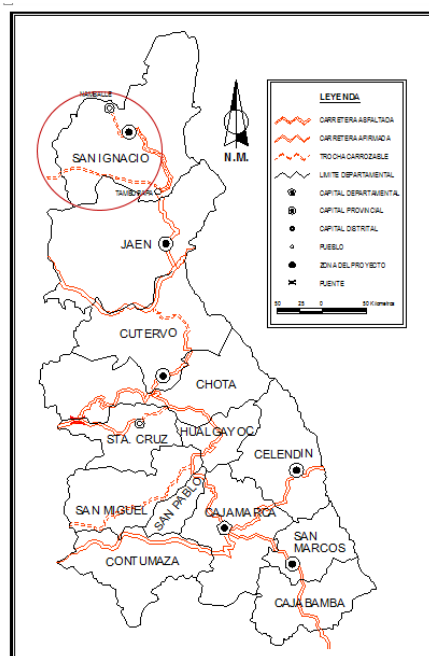


Imagen N° 06: Provincia de San Ignacio y sus Distritos.



Imagen N° 07: Caserío Bajo Ihuamaca.



3.2.4. Vías de Acceso

La vía de acceso a la localidad de Bajo Ihuamaca, es a través de una carretera afirmada que va desde la ciudad de San Ignacio (centro de ciudad) hasta Bajo Ihuamaca, este viaje se realiza aproximadamente en 45 min.

3.3.CARACTERISTICAS SOCIO ECONOMICAS

Para determinar las características de la zona de estudio, se utilizó información brindada por la oficina del Área Técnica Municipal (ATM) de la Municipalidad Provincial De San Ignacio (MPSI) y censo 2017 del Instituto Nacional De Estadística E Informática (INEI).

3.3.1. Principales Actividades Económicas.

3.3.1.1.Agricultura.

El potencial de suelos aptos para fines agropecuarios en el área es de regular a bueno, presentando tierras aptas para la producción de cultivos transitorios y permanentes.

Su actividad agrícola se desarrolla en unidades agropecuarias ubicadas en los alrededores del caserío, y es característico en esta zona la ubicación de las viviendas junto a dichas unidades agropecuarias, por lo que, se considera que la actividad agrícola está íntimamente ligado a la cantidad de población de la localidad.

La actividad agrícola se desarrolla en pequeñas parcelas de propiedad familiar, comunal o en arrendamiento. Entre los cultivos destacan: Café como producto bandera de la zona, Cacao, Maíz; entre otros. Entre los principales pastos tenemos: Alfalfa, trébol, rape, etc. para la crianza de ganado. (ATM-MPSI, 2019)

3.3.1.2.Ganadería.

La producción ganadera de esta zona se destina principalmente a la venta y en una pequeña cantidad para el consumo familiar. También se comercializa la producción de leche y quesos entre los meses de enero a diciembre. (ATM-MPSI, 2019)

3.3.2. Características de Vivienda.

3.3.2.1.Número de Viviendas y Población.

De la información obtenida por el censo 2017 realizado por el INEI, se establece que en la actualidad la población residente es de 157 varones y 140 mujeres haciendo un total de 297 habitantes. Existen 101 viviendas y 2 instituciones educativas, Institución Inicial e Institución Primaria y Secundaria.

3.3.2.2.Material de Construcción Predominante en la Construcción de los Ambientes de la Vivienda.

La gran parte de las familias utilizan sus viviendas sólo para vivir; y muy pocos la usan para el ejercicio de actividades productivas siendo pequeñas tiendas o bodegas, que les permite generar ingresos para el sustento familiar.

La construcción de las viviendas como de las instituciones es de: las paredes de abobe, algunas de madera y los techos con calamina.

No existe ninguna vivienda sin techo de calamina, todas sus azoteas las tienen techadas y vacías, esto es para utilizarlo en el proceso de secado del café, para protegerlo de la lluvia, ya que si esta cae sobre el café deteriora su calidad física generando una pérdida económica. (ATM-MPSI, 2019)

Cuadro N° 01: Distribución de Lotes - Vivienda y Población Total.

| | |
|--------------------------------|-----|
| Población Total Del Caserío | 297 |
| N° de viviendas | 101 |
| N° de Instituciones Educativas | 2 |

Fuente: INEI

3.3.2.3.Densidad Promedio.

La densidad promedio de habitantes por vivienda en la localidad de Bajo Ihuamaca es de 2.94 hab/viv.

Cuadro N° 02: Densidad Poblacional de Bajo Ihuamaca.

| Concepto | Lotes Habitados |
|-------------------------------|-----------------|
| Población | 297 |
| Viviendas | 101 |
| Densidad (Habitante/Vivienda) | 2.94 |

Fuente: INEI

3.4.INFORMACION DE LOS SERVICIOS BASICOS.

3.4.1. Agua

La opinión de la población es muy desfavorable, señalando la mayoría de los usuarios que el agua puede causar enfermedades debido a que la infraestructura en gran parte se encuentra deteriorada, siendo las enfermedades las más comunes la gripe, las infecciones diarreicas, las parasitosis; las que en son tratadas en su mayoría en forma casera y/o acuden a la posta médica. (ATM-MPSI, 2019)

3.5.DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE.

3.5.1. Agua Potable

Actualmente la Población del caserío Bajo Ihuamaca del Distrito de San Ignacio, cuenta con un Sistema de Agua Potable de forma deficiente; En la actualidad se abastecen de agua para consumo proveniente de un manantial denominado la montañita el cual no abastece a todo la población, encontrándose la captación en malas condiciones.

Ante la insuficiencia del recurso hídrico, la población se ve en la necesidad de almacenar el agua en depósitos o cilindros, traídas desde pequeñas quebradas que se encuentran cerca de la localidad.

En el actual abastecimiento de agua potable, las líneas de conducción, líneas de aducción y las redes de distribución se encuentran en malas condiciones pues ya han cumplido en algunos casos con la vida útil. (ATM-MPSI, 2019)

Cuadro N° 03: Características del Servicio de Agua Existente.

| Características | Cantidad / estado |
|------------------------|--------------------------|
| | BAJO IHUAMACA |
| Población año 2019 | 297 habitantes. |
| Población servida | 180 habitantes. |
| Densidad por vivienda | 2.94 habitantes/vivienda |
| Conexiones de agua | 46 |
| Cobertura | 60% |
| Continuidad | 12 horas |
| Calidad del servicio | Malo |
| Estado del sistema | Malo |
| Tipo de sistema | Gravedad |
| Micro medición | No existe |
| Tarifa del servicio | No existen pagos |
| Pérdidas físicas | 50% |
| Tipo de desinfección | No existe |

Fuente: Oficina ATM - MPSI

3.5.2. Saneamiento.

La localidad involucrada no cuenta con sistema de evacuación de excretas y por lo tanto carece de una red de alcantarillado y planta de tratamiento.

La mayor parte de la población defeca en pozos ciegos o cuales están en mal estado o en el peor de los casos al aire libre, generalmente en sus campos de cultivo o bajo árboles. Esto atrae la presencia de moscas, que difunden enfermedades relacionadas con las bacterias fecales (diarreas, tifoidea, cólera).

Los pobladores que poseen letrinas caseras denominadas pozos ciegos, tienen una profundidad (aproximadamente 1.80 metros) sobre una losa generalmente de madera que posee un orificio y no tiene ventilación. Se observa la presencia de moscas y malos olores en estos pozos ciegos. Esto hace que las aguas y el suelo se contaminen, con graves riesgos para la salud. (ATM-MPSI, 2019)

3.6.INFORMACIÓN METEOROLÓGICA.

Información Meteorológica. La información meteorológica se tomó de la siguiente estación meteorológica:

Cuadro N° 04: Estación Meteorológica

| Estación : SAN IGNACIO – Meteorológica | | | | | |
|----------------------------------------|--------------|--------------------|----------------|-------------------|-------------|
| Departamento : | Cajamarca | Provincia : | San Ignacio | Distrito : | San Ignacio |
| Latitud : | 5° 8' 42.49" | Longitud : | 78° 59' 42.44" | Altitud : | 1243 |

Fuente: SENAMHI

3.6.1. Precipitaciones Históricas - Promedio

Cuadro N° 05: Precipitaciones Históricas - Promedio

| Año | enero | Febrero | Marzo | Abril | mayo | junio | Julio | Agosto | septiembre | Octubre | noviembre | diciembre |
|------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| 1999 | 141.7 | 168.5 | 122.8 | 216.4 | 297.3 | 52.5 | 42.8 | 36.4 | 76.8 | 26.9 | 54.5 | 161 |
| 2000 | 68.3 | 132.7 | 225.3 | 205.3 | 118.8 | 118.7 | 48.8 | 85.7 | 88.2 | 29.2 | 39.2 | 79.9 |
| 2001 | 150.2 | 57.6 | 87.5 | 135.8 | 76.3 | 98.1 | 89.8 | 79.2 | 55.1 | 61.7 | 58.5 | 129.9 |
| 2002 | 50.5 | 239.2 | 91.4 | 160.4 | 135.9 | 28.4 | 74.1 | 29.8 | 22.2 | 140.3 | 112.5 | 73.6 |
| 2003 | 81.9 | 75.5 | 163.6 | 85.9 | 99.7 | 87.6 | 70.3 | 30.6 | 51.2 | 76.4 | 80.8 | 83.7 |
| 2004 | 36.5 | 74 | 71.5 | 117.7 | 105.3 | 62.5 | 51.9 | 30.1 | 72.7 | 190 | 140.2 | 102.3 |
| 2005 | 109.3 | 234.6 | 178.5 | 123.7 | 70.3 | 87.5 | 34.9 | 13.7 | 61.1 | 87.4 | 80.3 | 187.7 |
| 2006 | 64.4 | 89.1 | 115.6 | 71.5 | 69.5 | 81.4 | 29.1 | 30.9 | 36.9 | 86.4 | 118.4 | 124.8 |
| 2007 | 141 | 50.6 | 89.9 | 139.1 | 107.9 | 139.4 | 57.8 | 69.9 | 77.1 | 119.3 | 184.1 | 142.2 |
| 2008 | 90.9 | 249 | 244.9 | 99.9 | 114.1 | 50.4 | 93.8 | 92.2 | 65.1 | 136.6 | 123.6 | 39.3 |
| 2013 | 69.8 | 46.5 | 124.4 | 71.5 | 179.6 | 59 | 63.9 | 48.2 | 59.2 | 131.4 | 39.1 | 81 |
| 2014 | 73.6 | 114 | 295.5 | 118.1 | 120.1 | 68.4 | 59.9 | 87.3 | 43.3 | 131.5 | 91.3 | 93.8 |
| 2015 | 139.8 | 85.7 | 199.3 | 73.6 | 67.5 | 108.1 | 99.9 | | 25.1 | 83.4 | 64.9 | 84.6 |
| 2017 | | 64.2 | 400.9 | 152.6 | | 55.4 | 52.2 | 68.4 | 31.4 | 40.8 | 50.8 | 155.3 |
| 2018 | 158.7 | 94.2 | 93.9 | 140.8 | 124.5 | 54 | 61.5 | 54 | 43.8 | 50.2 | 150.1 | 70 |

Fuente: SENAMHI

3.7.METODOLOGÍA DEL ASPECTO TÉCNICO.

Como proceso metodológico del aspecto técnico fue necesario partir de la realización del diagnóstico del ámbito de estudio; así mismo cálculos de la oferta y demanda de agua para consumo humano, para tomar en cuenta criterios para determinar la captación del agua de lluvia.

Para ello debe considerarse lo siguiente:

- Localización del sitio para establecer el sistema de captación de agua de Lluvia.
- Determinación de la demanda de agua por familia.
- Cálculo de la precipitación pluvial neta.
- Calculo del área adecuada para la captación del agua de lluvia.

3.7.1. Determinación de la Demanda de Agua por Familia.

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. Además, considera el número de habitantes a beneficiar.

Cuadro N° 06: Dotación por Región

| Región | Dotación L/Hab/Día |
|--------|-----------------------|
| Selva | 70 |
| Costa | 60 |
| Sierra | 50 |

Fuente: Ministerio de Salud.

Cuadro N 07: Cantidad de Agua que Necesitamos.

| USO | CONSUMO (L/Hab/Día) |
|--------------------------|---------------------|
| Bebida | 5 |
| Servicio de Saneamiento | 20 |
| Higiene | 15 |
| Preparación de Alimentos | 10 |
| Total L/Hab/Día | 50 |

Fuente: Ministerio de Salud

3.7.2. Precipitación Promedio Mensual

A partir de la información sobre las precipitaciones mensuales del período en estudio, se obtiene el valor promedio mensual del total de años evaluados.

Este valor puede ser expresado en términos de milímetros de precipitación por mes, o litros por metro cuadrado y por mes, que es capaz de colectarse en la superficie horizontal del techo; viene dado por la relación siguiente:

3.7.2.1.Demanda de Diseño

Para establecer la demanda de un sistema de captación de agua de lluvia, debemos precisar previamente la población beneficiaria y la dotación diaria de agua necesaria por cada usuario beneficiado.

A partir de la dotación diaria establecida por usuario beneficiado, podemos determinar la cantidad de agua que se requiere mensualmente para atender las necesidades de la población beneficiada; este valor viene dado por la relación siguiente:

$$\text{Ecuación N° 01} \quad : \quad D_j = \frac{Nu * Dot * Nd_j}{1000}$$

$$\text{Ecuación N° 02} \quad : \quad D_{anual} = \sum_{j=1}^{12} D_j$$

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. |
| D_{anual} | : | Demanda de agua anual para la población. |
| j | : | Número del mes (j=1, 2, 3,.....12) |
| 1000 | : | Factor de conversión en litros en m ³ |

3.7.3. Cálculo de la Precipitación Pluvial Neta.

A partir de la información disponible de precipitación, se determina la Precipitación Neta, que se define como la cantidad de agua de lluvia que queda a disposición del sistema, una vez habiendo descontado las pérdidas por factores como salpicamiento, velocidad del viento, evaporación, fricción, tamaño de la gota.

La eficiencia de la captación del agua de lluvia en techos, depende del coeficiente de escurrimiento de los materiales del área de captación, el cual varía de 0.1 a 0.9 que se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 08: Coeficiente de Escorrentía

| TIPOS DE CAPTACIÓN | Ce |
|-------------------------------------|-----------|
| Cubiertas superficiales | |
| Concreto | 0,6-0,8 |
| Pavimento | 0,5-0,6 |
| Geo membrana 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 |

Fuente: Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural.

3.7.3.1.Fórmula para Estimar la Precipitación Neta:

Ecuación N° 03 : $PN_{ijk} = P_{ijk} * n_{captación}$

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. |
| $n_{captación}$ | : | Eficiencia de captación del agua de lluvia |

Cuando las precipitaciones medias mensuales sean menores de 50 mm y de baja intensidad (mm/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.

3.7.4. Consideraciones para la Realización de los Cálculos

La información más útil para la evaluación se puede usar en el cálculo del área de captación del agua de lluvia es que por cada milímetro de agua de lluvia que cae sobre un metro cuadrado, se obtendrá un litro de agua. No obstante, existen coeficientes de ponderación que modifican el enunciado anterior debido a las pérdidas en las superficies de captación causadas por el rebote del agua al caer, la absorción, evaporación del agua y la pendiente de las superficies. En este apartado se les han asignado valores a dichos coeficientes, pero dado que su influencia depende de las condiciones de cada lugar en particular, los valores pueden ser modificados a criterio propio según los estudios previos y experiencias con que cuente.

En el siguiente cuadro N° 09 se muestra un análisis del volumen del agua de lluvia captado en litros, con relación al área de captación y precipitación pluvial promedio. Se han hecho algunas consideraciones para su utilización, tomando en cuenta precipitaciones pluviales promedio de 1, 10, 100, Y 1,000 mm y áreas de captación de 1 hasta 400 m² en múltiplos de 50 m².

De esta forma, se puede obtener el volumen del agua de lluvia a captar para cualquier condición, mediante las sumas correspondientes a las intersecciones de precipitación contra el área de captación. Si por ejemplo, se tiene una área de captación de 1 m² y se cuenta con una precipitación de 110 mm, el volumen de agua captado es de 110 litros, que se obtiene de sumar el valor correspondiente a las intersecciones de la hilera del área de captación correspondiente a 1 m² con la precipitación de 10 mm (10 litros) más la de 100 mm (100 litros).

Cuadro N° 09: Volumen de Agua Captado en Litros con Relación al Área de Captación y a la Precipitación Pluvial Promedio.

| Área de captación (m ²) | Precipitación pluvial promedio (mm) | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|------|-------|--------|
| | 1 | 10 | 100 | 1000 |
| | Volumen Captado En Litros | | | |
| 1 m ² | 1 | 10 | 100 | 1000 |
| 10 m ² | 10 | 100 | 1000 | 10000 |
| 50 m ² | 50 | 500 | 5000 | 50000 |
| 100 m ² | 100 | 1000 | 10000 | 100000 |
| 150 m ² | 150 | 1500 | 15000 | 150000 |
| 200 m ² | 200 | 2000 | 20000 | 200000 |
| 250 m ² | 250 | 2500 | 25000 | 250000 |
| 300 m ² | 300 | 3000 | 30000 | 300000 |
| 350 m ² | 350 | 3500 | 35000 | 350000 |
| 400 m ² | 400 | 4000 | 40000 | 400000 |

Fuente: Propia

3.7.5. Área de Captación del Agua de Lluvia

El área de captación del agua de lluvia se obtiene con la ecuación: (en vista de planta).

Ecuación N° 04 : $A = a * b$

Dónde:

$$\begin{aligned} A &= \text{Área de captación, (m}^2\text{)} \\ a &= \text{Ancho de la casa, (m)} \\ b &= \text{Largo de la casa, (m)} \end{aligned}$$

En caso de que no exista el área de captación del sistema de captación de agua de lluvia, se diseñara en función de la demanda anual de los habitantes a beneficiar y de la precipitación pluvial neta anual.

Ecuación N° 05 : $A_{ec} = \frac{D_{anual}}{\sum_{j=1}^{12} PN_j}$

j = número del mes con lluvia, j =, ..., 12

Dónde:

$$\begin{aligned} A_{ec} &: \text{Área de captación necesaria para abastecer la demanda de} \\ &\quad \text{agua a una familia o comunidad, en m}^2 \\ D_{anual} &: \text{Demanda de agua anual que necesita una población.} \\ \sum_{j=1}^{12} PN_j &: \text{Suma de las precipitaciones netas medias mensuales que} \\ &\quad \text{originan escurrimiento en mm.} \end{aligned}$$

3.7.6. El Acumulado de la Oferta y la Demanda en el Mes "I" Podrá Determinarse por:

Ecuación N° 06 : $A_{ai} = A_{a(i-1)} + \frac{(Ppi * Ce * Ac)}{1000}$

Ecuación N° 07 : $D_{ai} = D_{a(i-1)} + \frac{(Nu * Ndi * Ddi)}{1000}$

Dónde:

$$\begin{aligned} A_{ai} &: \text{oferta acumulada al mes "i"} \\ D_{ai} &: \text{demanda acumulada al mes "i"} \end{aligned}$$

CAPITULO IV: RESULTADOS

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1.DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA.

Para la determinación del agua que es necesaria para actividades domésticas se obtiene la demanda de agua mensual y anual en base al promedio que gasta una persona, 70 litros/habitante/día, considerado para poblaciones de selva, establecido por el Ministerio de Salud. Consideramos la dotación mayor para una mejor viabilidad del análisis del caso.

Según la densidad de habitante/vivienda en el caserío Bajo Ihuamaca es de 2.94, un promedio de 3 habitantes/vivienda. Para realizar la demanda de agua en esta investigación se consideró una familia promedio de 4 habitantes/vivienda.

4.1.1. Demanda de Agua por Habitante

Aplicando las fórmulas:

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

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

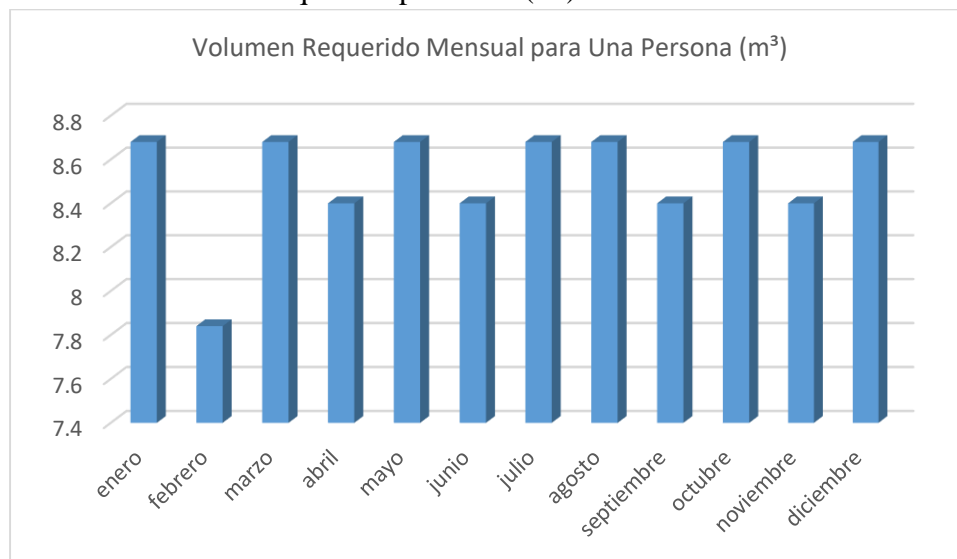
Cuadro N° 10: Demanda del Agua Mensual para Una (01) Persona

| Mes | Ene ro | Febr ro | marz o | abr il | may o | juni o | julio | Agos to | septie mbre | octubr e | novie mbre | Dicie mbre | Total |
|------------------------------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|----------|-----------|-------|------------|----------------|-------------|---------------|---------------|-------|
| N° De Días | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 365 |
| Volumen (m³) | 2.17 | 1.96 | 2.17 | 2.1 | 2.17 | 2.1 | 2.17 | 2.17 | 2.1 | 2.17 | 2.1 | 2.17 | 25.55 |
| Volumen Total De Agua Requerida En Un Año (m³) | | | | | | | | | | | | | 25.55 |

Fuente: Propia

Interpretación: el cuadro N° 10 nos muestra que un habitante del caserío Bajo Ihuamaca, consume 25.55 m³ de agua durante todo el año.

Grafico N° 01: Volumen Requerido para Una (01) Persona



Fuente: Propia

Interpretación: el grafico N° 01 nos muestra el consumo de agua mensual de un habitante en el caserío Bajo Ihuamaca.

4.1.2. Demanda De Agua Por Familia

Aplicando las fórmulas:

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

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

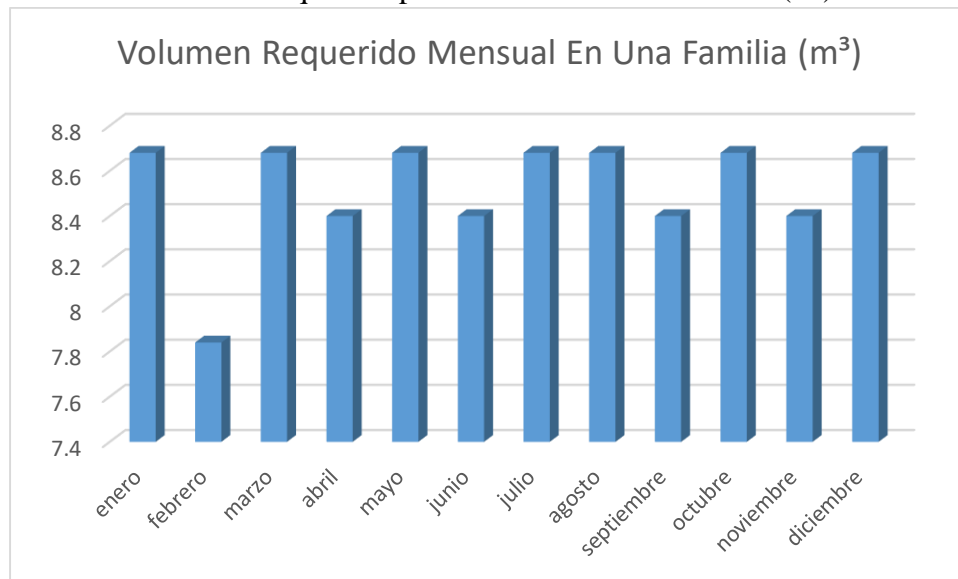
Cuadro N° 11: Demanda de Agua Mensual para Una Familia con Cuatro (04) Habitantes

| Mes | Enero | febrero | marzo | abril | Mayo | juni | juli | agosto | septiembre | octubre | noviembre | Diciembre | Total |
|------------------------------------------------|-------|---------|-------|-------|------|------|------|--------|------------|---------|-----------|-----------|-------|
| N° De Días | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 365 |
| Volumen (m³) | 8.68 | 7.84 | 8.68 | 8.4 | 8.68 | 8.4 | 8.68 | 8.68 | 8.4 | 8.68 | 8.4 | 8.68 | 102.2 |
| Volumen Total De Agua Requerida En Un Año (m³) | | | | | | | | | | | | | 102.2 |

Fuente: Propia

Interpretación: el cuadro N° 11 nos muestra que una familia con cuatro habitantes promedio del caserío Bajo Ihuamaca, consume 102.2 m³ de agua durante todo el año.

Grafico N° 02: Volumen Requerido para Una Familia con Cuatro (04) Habitantes



Fuente: Propia

Interpretación: el grafico N° 02 nos muestra el consumo de agua mensual de una familia en el caserío Bajo Ihuamaca.

4.2.DETERMINACIÓN DE LA OFERTA DEL AGUA DE LLUVIA.

La precipitación que se toma en cuenta para calcular la precipitación pluvial neta es la mensual promedio de los últimos años con registro.

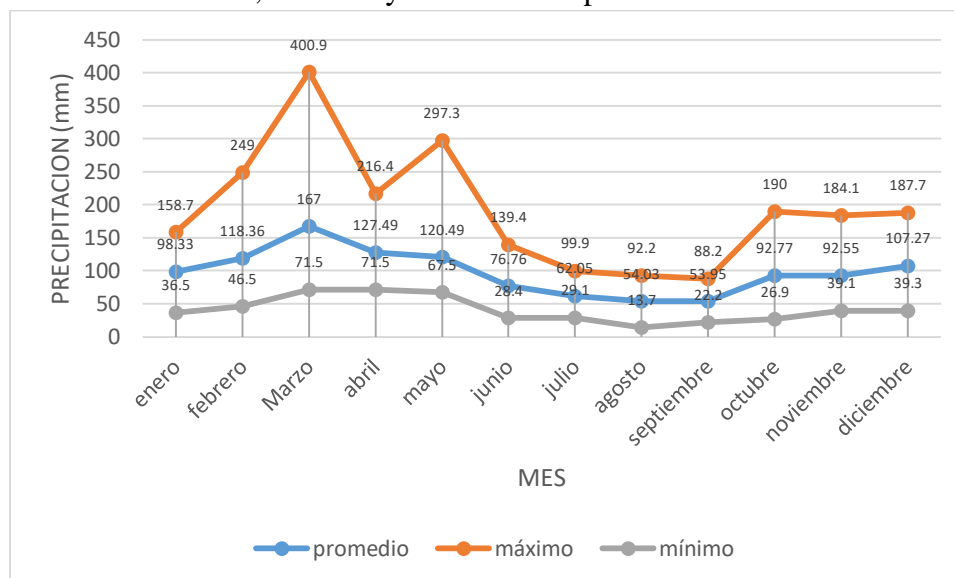
Cuadro N° 12: Promedio, Máxima y Mínima Precipitación Mensual

| Año | enero | Febrero | Marzo | abril | mayo | junio | Julio | Agosto | septiembre | octubre | Noviembre | Diciembre | Total |
|----------|-------|---------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|--------|
| 1999 | 141.7 | 168.5 | 122.8 | 216.4 | 297.3 | 52.5 | 42.8 | 36.4 | 76.8 | 26.9 | 54.5 | 161 | 1397.6 |
| 2000 | 68.3 | 132.7 | 225.3 | 205.3 | 118.8 | 118.7 | 48.8 | 85.7 | 88.2 | 29.2 | 39.2 | 79.9 | 1240.1 |
| 2001 | 150.2 | 57.6 | 87.5 | 135.8 | 76.3 | 98.1 | 89.8 | 79.2 | 55.1 | 61.7 | 58.5 | 129.9 | 1079.7 |
| 2002 | 50.5 | 239.2 | 91.4 | 160.4 | 135.9 | 28.4 | 74.1 | 29.8 | 22.2 | 140.3 | 112.5 | 73.6 | 1158.3 |
| 2003 | 81.9 | 75.5 | 163.6 | 85.9 | 99.7 | 87.6 | 70.3 | 30.6 | 51.2 | 76.4 | 80.8 | 83.7 | 987.2 |
| 2004 | 36.5 | 74 | 71.5 | 117.7 | 105.3 | 62.5 | 51.9 | 30.1 | 72.7 | 190 | 140.2 | 102.3 | 1054.7 |
| 2005 | 109.3 | 234.6 | 178.5 | 123.7 | 70.3 | 87.5 | 34.9 | 13.7 | 61.1 | 87.4 | 80.3 | 187.7 | 1269 |
| 2006 | 64.4 | 89.1 | 115.6 | 71.5 | 69.5 | 81.4 | 29.1 | 30.9 | 36.9 | 86.4 | 118.4 | 124.8 | 918 |
| 2007 | 141 | 50.6 | 89.9 | 139.1 | 107.9 | 139.4 | 57.8 | 69.9 | 77.1 | 119.3 | 184.1 | 142.2 | 1318.3 |
| 2008 | 90.9 | 249 | 244.9 | 99.9 | 114.1 | 50.4 | 93.8 | 92.2 | 65.1 | 136.6 | 123.6 | 39.3 | 1399.8 |
| 2013 | 69.8 | 46.5 | 124.4 | 71.5 | 179.6 | 59 | 63.9 | 48.2 | 59.2 | 131.4 | 39.1 | 81 | 973.6 |
| 2014 | 73.6 | 114 | 295.5 | 118.1 | 120.1 | 68.4 | 59.9 | 87.3 | 43.3 | 131.5 | 91.3 | 93.8 | 1296.8 |
| 2015 | 139.8 | 85.7 | 199.3 | 73.6 | 67.5 | 108.1 | 99.9 | | 25.1 | 83.4 | 64.9 | 84.6 | 1031.9 |
| 2017 | | 64.2 | 400.9 | 152.6 | | 55.4 | 52.2 | 68.4 | 31.4 | 40.8 | 50.8 | 155.3 | 1072 |
| 2018 | 158.7 | 94.2 | 93.9 | 140.8 | 124.5 | 54 | 61.5 | 54 | 43.8 | 50.2 | 150.1 | 70 | 1095.7 |
| Promedio | 98.33 | 118.36 | 167 | 127.49 | 120.49 | 76.76 | 62.05 | 54.03 | 53.95 | 92.77 | 92.55 | 107.27 | 1171.1 |
| Máximo | 158.7 | 249 | 400.9 | 216.4 | 297.3 | 139.4 | 99.9 | 92.2 | 88.2 | 190 | 184.1 | 187.7 | 400.9 |
| Mínimo | 36.5 | 46.5 | 71.5 | 71.5 | 67.5 | 28.4 | 29.1 | 13.7 | 22.2 | 26.9 | 39.1 | 39.3 | 13.7 |

Fuente: propia, con información del SENAMHI

Interpretación: El cuadro N° 12 muestra que existe una precipitación promedio anual de 1171.05 mm.

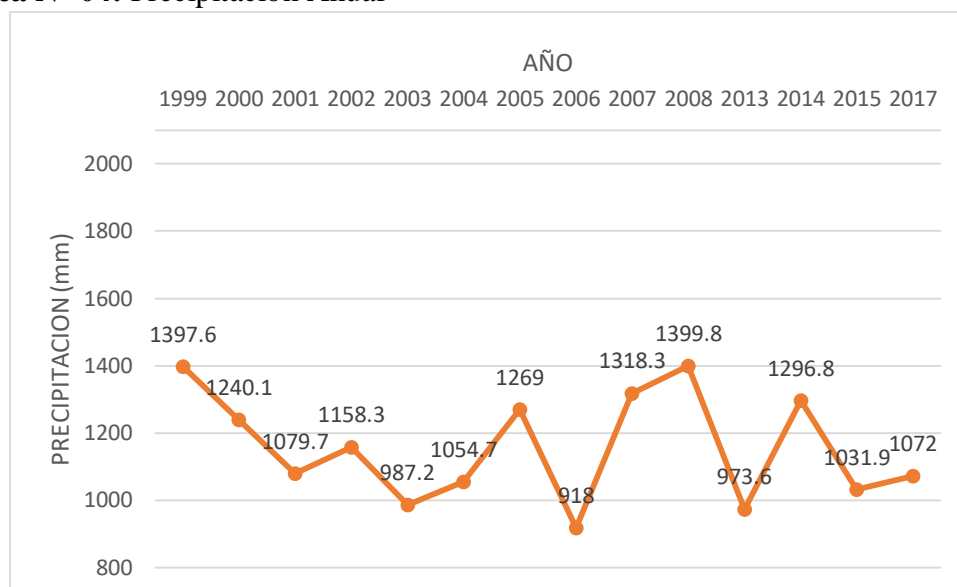
Grafica N° 03: Promedio, Máxima y Mínima Precipitación Mensual



Fuente: Propia, con información del SENAMHI

Interpretación: el grafico N° 03 muestra que los meses con mayor precipitaciones son desde enero hasta mayo, siendo marzo el mes con mayor precipitación de hasta 400.9 mm. Los meses con menor precipitación son desde julio a octubre, siendo agosto el mes con menores precipitaciones de hasta 13.7 mm.

Grafica N° 04: Precipitación Anual



Fuente: Propia, con información del SENAMHI

Interpretación: el grafico N° 04 muestra el total de precipitaciones durante los años de análisis. Siendo el año 2008 con mayores precipitaciones de hasta 1399.8 mm. El año 2006 se mostraron pocas precipitaciones, haciendo un total de 918 mm.

4.2.1. Cálculo de la Oferta de Precipitación Pluvial Neta

Para análisis de esta investigación considerados un coeficiente de escurrimiento de 0.9 por lo sugerido por el Centro Panorámico de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) en el año 2004. Y por las condiciones de los techos de calamina de las viviendas del caserío.

Aplicando la fórmula: $PN_{ijk} = P_{ijk} * n_{captación}$

Cuadro N° 13: Calculo de la Precipitación Pluvial Neta

| Concepto | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dic |
|----------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Precipitación Promedio (mm) | 98.33 | 118.36 | 167.00 | 127.49 | 120.49 | 76.76 | 62.05 | 54.03 | 53.95 | 92.77 | 92.55 | 107.27 |
| Coeficiente de Escorrentía | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| Precipitación Promedio Neta (mm) | 88.50 | 106.52 | 150.30 | 114.74 | 108.44 | 69.08 | 55.84 | 48.63 | 48.55 | 83.49 | 83.30 | 96.55 |

Fuente: Propia

Interpretación: el cuadro N° 13 nos muestra la precipitación promedio neta (mm) mensual, generando una precipitación promedio neta de 1053.93 mm por año. Tomando como ejemplo el mes de enero, si se tiene una precipitación promedio de 98.33mm y un área de techo con calamina su coeficiente de escorrentía es de 0.9, obtenemos una precipitación promedio neta de 88.55 mm, esto nos a entender que por cada metro cuadrado de techo se puede captar 88.55 litros de agua de lluvia, durante todo el mes.

4.2.2. Área de Captación del Agua de Lluvia.

Para determinar el área adecuada para cubrir la demanda de una vivienda se utiliza la expresión que relaciona la demanda mensual y la precipitación neta:

$$Aec = \frac{D_{anual}}{\sum_{j=1}^{12} PN_j}$$

$$Aec = \frac{102.2m^3}{1053.93mm} = 96.97m^2$$

Interpretación: la ecuación anterior nos muestra que el área de captación requerida para el abastecimiento de agua en la vivienda de una familia de 4 personas es de 97 m².

4.2.3. Precipitación Recolectada

Para determinar la precipitación recolectada consideramos el volumen de agua captado en litros con relación al área de captación y a la precipitación pluvial promedio.

Cuadro N° 14: Cálculo de la Precipitación Recolectada

| Concepto | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dic |
|---------------------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Precipitación Promedio Neta (mm) | 88.50 | 106.52 | 150.30 | 114.74 | 108.44 | 69.08 | 55.84 | 48.63 | 48.55 | 83.49 | 83.30 | 96.55 |
| Área de Captación (m ²) | 96.97 | 96.97 | 96.97 | 96.97 | 96.97 | 96.97 | 96.97 | 96.97 | 96.97 | 96.97 | 96.97 | 96.97 |
| Precipitación Recolectada (m ³) | 8.58 | 10.33 | 14.58 | 11.13 | 10.52 | 6.70 | 5.42 | 4.72 | 4.71 | 8.10 | 8.08 | 9.33 |

Fuente: Propia

Interpretación: El cuadro N°14 nos muestra el cálculo de la precipitación recolectada en función de la precipitación promedio neta y el área de captación necesaria. Es decir, por ejemplo, en el mes de enero, se tiene una precipitación pluvial neta de 88.50mm, pues recolectaré 88.50 litros por cada metro cuadrado, y mi área de captación es de 96.97m², entonces recolectaré 8581.85 litros o también 8.58 m³ durante ese mes.

4.3.BALANCE

Para captar el agua de lluvia necesaria para cubrir la demanda de una familia se determinó que es necesaria un área de 97 m². Para demostrarlo procedemos a demostrarlo con el balance hídrico.

$$Aai = A_{a(i-1)} + \frac{(Ppi*Ce*Ac)}{1000}$$

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

Cuadro N° 15: Balance Hídrico

| Mes: | Precipitación (mm): | Precipitación pluvial neta | Precipitación recolectada (m³): | Precipitación recolectada acumulativa (m³): | Demand a basada en uso total (m³): | Demanda Acumulativa (m³): | Diferencia entre provisión y demanda (m³): |
|--------------|---------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------|
| Marzo: | 167 | 150.30 | 14.58 | 14.58 | 8.68 | 8.68 | 5.90 |
| Abril: | 127.49 | 114.74 | 11.13 | 25.71 | 8.40 | 17.08 | 8.63 |
| Mayo: | 120.49 | 108.44 | 10.52 | 36.23 | 8.64 | 25.72 | 10.51 |
| Junio: | 76.76 | 69.08 | 6.70 | 42.93 | 8.40 | 34.12 | 8.81 |
| Julio: | 62.05 | 55.84 | 5.42 | 48.35 | 8.68 | 42.80 | 5.55 |
| Agosto: | 54.03 | 48.63 | 4.72 | 53.06 | 8.68 | 51.48 | 1.58 |
| Setiembre: | 53.95 | 48.55 | 4.71 | 57.77 | 8.40 | 59.88 | -2.11 |
| Octubre: | 92.77 | 83.49 | 8.10 | 65.87 | 8.64 | 68.52 | -2.65 |
| Noviembre: | 92.55 | 83.30 | 8.08 | 73.95 | 8.40 | 76.92 | -2.97 |
| Diciembre: | 107.27 | 96.55 | 9.36 | 83.32 | 8.68 | 85.60 | -2.28 |
| Enero: | 98.33 | 88.50 | 8.58 | 91.90 | 8.68 | 94.28 | -2.38 |
| Febrero: | 118.36 | 106.52 | 10.33 | 102.23 | 7.84 | 102.12 | 0.11 |
| TOTAL | 1171.05 | 1053.93 | 102.23 | | 102.12 | | |

Fuente: Propia

Interpretación: El cuadro N° 15 nos muestra que es posible cubrir la demanda de agua. Solo en los meses donde las precipitaciones no son frecuentes se tendría una deficiencia en el abastecimiento.

4.4.PROPUESTA DE INSTALACION DE UN SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA

Para proponer un sistema de captación de agua de lluvia en la zona, tenemos que determinar los elementos que se incluirán, para ello se determinan los siguientes:

- Área de captación (techos).- las viviendas del caserío cuentan con sus techos de calamina, de esta manera determinamos que este elemento no tendría algún costo (salvo si se requiere ampliar áreas)
- Recolección y conducción (canaletas y tubería).- estas van sobre la parte frontal de las viviendas para poder recolectar el agua y transportada a través de una tubería hasta el tanque de almacenamiento.
- Filtro de sedimentos.- se colocará antes de llegar al tanque de almacenamiento para poder eliminar sedimentos como hojas que caen sobre la superficie del techo.
- Tanque de almacenamiento.- se propone un tanque de polietileno de 2500 litros. Según los cálculos una vivienda con cuatro habitantes consume 280 litros al día, con la capacidad del tanque propuesto garantizamos agua durante 9 días al mes, estos días varían de acuerdo a los meses de lluvia; es decir, se garantiza que los meses más lluviosos se almacenara agua por más de 9 días.

Es un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia base. Para nuestra propuesta solo determinamos estos elementos, el agua estará almacenada y será utilizada cuando lo requieran.

4.4.1. Precios de Elementos Básicos.

Cuadro N° 16: Precios De Elementos Para Un Sistema De Aprovechamiento De Agua De Lluvia

| Elementos | Unidad | Precio |
|---------------------------------------|---------------|----------------------|
| Canaletas DN 125mm x 3 metros | m | S/. 49.90 |
| Tubo PVC-U 2" x 5m C/R | | S/:87.90 |
| Filtro para sedimentos 50 micras | und | S/. 52.90 |
| Tanque de agua 2500 litros (Rotoplas) | und | S/. 829.90 |
| Total | | S/. 1, 020.60 |

Fuente: SODIMAC

Se estima que el costo de los elementos básicos para un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia es de S/. 1, 020.60 nuevos soles, esto varía de acuerdo al metrado de la parte frontal del techo y la distancia de la ubicación del tanque de almacenamiento.

De esta manera determinamos las posibilidades técnicas y económicas para la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia.

CAPITULO V: DISCUSION

CAPITULO V: DISCUSIÓN

5.1.ZONA DE ESTUDIO Y CONDICIONES DE LA VIVIENDA

El caserío Bajo Ihuamaca sufre de una escasez de agua. Esta comunidad pertenece al distrito de San Ignacio, el cual según su estación meteorológica tiene una precipitación anual media de 1171.05 mm/año. Si se compara con Texas que con tan sólo 850 mm/año ya han implementado sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia, se determina que, es necesario que se valore el fuerte potencial de aprovechamiento de agua de lluvia en el lugar de estudio, así como en distintas zonas ya sean rurales o urbanas ubicadas dentro de la región natural ceja de selva y se considere implementar sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en esta comunidad, o demás usos que el poblador crea conveniente. Las dotaciones que se utilizaron para la presente investigación bibliográfica fueron emitidas por el Ministerio de Salud. Los materiales utilizados en los techos, que es el aspecto principal para la captación del agua de lluvia, ya estaban definidos como planchas metálicas de Calaminón, por lo que lo más importante fue determinar el valor del coeficiente de escorrentía de los mismos. Dicho valor, como ya se mencionó anteriormente, se estimó mediante el uso del cuadro N° 9 establecido por la Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural. Se utilizó finalmente el valor de 0.9 por lo sugerido por el Centro Panorámico de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) en el año 2004. Es importante mencionar que este valor de coeficiente de escorrentía se puede ajustar mucho más si se hacen pruebas reales en los techos para calcular cuánto es lo que escurre realmente en relación con el valor de la precipitación.

En cuanto a las condiciones de la vivienda no se determinó el área de techo de cada una de las viviendas, esta situación genera que la capacidad de agua que se puede recolectar sea significativamente menor o mayor, pero como el caserío ya cuenta con un sistema de abastecimiento que no cumple con la demanda total, podemos garantizar que con cualquier área de techo que cuenten las viviendas podemos aumentar la demanda requerida. Este punto es importante pensando en investigaciones o estudios en el futuro a corto o mediano plazo, debido a que depende del área de techo la captación y posterior demanda de agua requerida.

5.2.VIABILIDAD TÉCNICA: BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico consta de dos componentes principales: los valores promedio de consumo de agua potable por parte de los habitantes del caserío y la oferta hídrica de lluvia captada en el sistema de recolección de aguas lluvias.

De acuerdo a los cálculos realizados, para cubrir la demanda de agua de una vivienda con 4 habitantes promedio, se requiere de un área de techo de 97 m², ya que el servicio de abastecimiento actual solo cubre el 60% de la demanda requerida, solo se necesitaría de 39 m² de área de techo, un área totalmente básica para una vivienda en zonas rurales, con estos análisis podemos garantizar que con cualquier área de techo que cuenten las viviendas, se equilibra o superan la demanda de agua requerida, lo cual el aprovechamiento del agua de lluvia para nuestra zona de estudio resulta siendo viable técnicamente.

5.3.VIABILIDAD ECONÓMICA

En cuanto a lo económico se puede observar que directamente los usuarios de los sistemas de captación de agua de lluvia ahorran al usar este recurso completamente gratuito. Por lo que ya no tendría que pagar un monto mensual a una junta administrativa del agua, para servicios de mantenimiento en sistemas de distribución de agua. Además los precios de los elementos de un sistema de abastecimiento de agua de lluvia resultan económicamente bajo. Es por ello que determinamos que el aprovechamiento del agua de lluvia resulta ser viable económicamente.

5.4.VIABILIDAD AMBIENTAL

En cuanto a lo ambiental se está considerando que el agua de lluvia captada por los techos de las viviendas no está afectando el flujo de las aguas superficiales de la cuenca donde se ubica la zona de estudio, debido a que es relativamente notorio que el área de captación es mucho menor al área de la cuenca. Por ello, se puede comentar que el sistema se está abasteciendo de manera sostenible y se está evitando además que se extraiga el agua de otras fuentes invasivas como pozos que afectarían los flujos subterráneos de la cuenca. Por lo que determinamos que es favorable y amigable con el medio ambiente.

5.5.VIABILIDAD SOCIAL

En cuanto a lo social, el caserío Bajo Ihuamaca sería el primer caserío con un sistema de abastecimiento de agua de lluvia dentro del distrito de San Ignacio. Tendría la aceptación total de la comunidad por ser un nuevo sistema de abastecimiento de agua dentro del distrito. Generará una nueva visión sobre el cuidado y conservación del recurso hídrico, por lo que determinamos que contribuiríamos con la cultura del agua. Es por eso que se requiere de normativas que generen y promuevan el aprovechamiento del agua de lluvia. Considerando que es algo nuevo para la comunidad y así le dará mayor interés a la conservación de los recursos hídricos determinamos que es viable ante la sociedad.

5.6.ANÁLISIS GENERAL

Como se ha podido apreciar los sistemas de captación de agua de lluvia presentan mayores ventajas que desventajas en su aplicación. Son una alternativa práctica y relativamente económica que podría contribuir con el abatimiento de la escasez de agua en medios rurales donde resulta muy costoso y en ocasiones imposible distribuir el recurso agua mediante una red o vehículos adaptados para tal fin. Resulta crucial que los tomadores de decisiones consideren el establecimiento de nuevas normas y leyes que obliguen a los urbanizadores e industriales a la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia en el desarrollo de sus proyectos. Países como España, México Argentina, entre otros, cuentan con un marco legal y normativo que obliga a la captación de agua de lluvia empleando los techos.

CAPITULO VI:

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.CONCLUSIONES

- En la zona de estudio el agua de lluvia puede llegar a cubrir la demanda de agua total para una vivienda con 4 habitantes, siempre y cuando se tenga un área de techo igual o mayor de 97 m². Debido a que el caserío cuenta con un sistema de abastecimiento de agua que no cumple con las dotaciones necesarias (solo el 60%), esto se puede equilibrar y cubrir esa demanda faltante con el agua de lluvia, y de esta manera el área de techo también puede ser menor, ya que algunas viviendas podrían no tener el área de techo requerida.
- El agua de lluvia es viable de manera técnica, la oferta puede cubrir la demanda necesaria, siempre y cuando se tenga el área de techo requerida o se equilibre con el sistema de abastecimiento actual, también porque su instalación es sencilla y no requiere de muchos elementos. Económica, ya que el agua de lluvia se considera un agua gratis, no se tendrá que pagar por un servicio de abastecimiento de agua a una JASS. Social, porque genera concientización y se incentiva a la cultura del agua. Ambiental, porque no afecta al medio ambiente, siendo amigable con ella.
- De esta manera el aprovechamiento de agua de lluvia en la zona de estudio puede resolver los problemas de escasez de agua y garantizar la calidad de vida y desarrollo de la comunidad rural.

6.2.RECOMENDACIONES

- Promover que La Agencia Agraria – San Ignacio, como la Facultad De Ingeniería Agrícola (FIA) de la Universidad Nacional Pedro Ruiz gallo (UNPRG) tomen interés en este tema y se amplíe el número de investigaciones al respecto.
- Se recomienda al Gobierno Regional de Cajamarca, Municipalidad Provincial de San Ignacio, promover la Política de la Gestión Integral del Agua Lluvia.
- Desarrollar estudios innovadores en diseño y construcción de sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia en zonas rurales de la provincia de San Ignacio.
- Instalar sistemas de captación de agua de lluvia en zonas rurales de cejas de selva donde las captaciones de agua se encuentran retiradas o son de difícil acceso que demandan de costos, y aprovechar esta agua amigable con el ambiente y rentable económicamente.
- Se recomienda que para mejorar la calidad del agua en usos domésticos, se hierva antes de hacer uso de esta.

CAPITULO VII:

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFICAS

CAPITULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

7.1.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Censo Nacional*.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2019). *Precipitaciones Históricas*.
- Área Técnica Municipal – Municipalidad Provincial de San Ignacio. (2019). *Diagnostico General del Caserío Bajo Ihuamaca*.
- MSc. Vásquez Vásquez Segundo Wilder. (2018). *Manual de Diseño de Infraestructura en Proyectos de Agua Potable - Sector Rural*.
- Ing. Vásquez Absalón. (2018), *Propuesta sobre Siembra y Cosecha del Agua de Lluvia en Cajamarca*.
- Casas S.A. (2008). *Aprovechamiento Potencial del Agua de Lluvia Caso Sub Región Alto Mayo – San Martín, Perú*.
- IV Foro Mundial del Agua. (2006). *Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos*.
- Ing. Villón Béjar Máximo. (2011). *La Precipitación*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2000). *Captación de Aguas Pluviales*.
- Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural. (2001). *Factibilidad de los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia*.
- Ministerio de Salud. (1984). *Dotaciones de Agua por Región*
- Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe. (2012). *Manual de Diseño y Construcción de Sistemas de Captación de Aguas de Lluvia en Zonas Rurales*.
- SODIMAC. (2019). *Cotización de Precios*.