

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE DISEÑO DE CAPTACIÓN DE
AGUA DE LLUVIA EN VIVIENDAS RURALES DE LA COMUNIDAD
VILCA MAQUERA - PILCUYO”**

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. MOISÉS CHINO CALLI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO - PERU

2013

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

TESIS:

**“EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE DISEÑO DE CAPTACIÓN DE AGUA
DE LLUVIA EN VIVIENDAS RURALES DE LA COMUNIDAD VILCA
MAQUERA - PILCUYO”**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

MOISÉS CHINO CALLI

**PRESENTADO A LA COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
AGRÍCOLA, COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÍCOLA

APROBADO POR:

PRESIDENTE DEL JURADO

:

Dr. José, VERA SANTA MARÍA

PRIMER JURADO

:

M.Sc. Oscar Raúl, MAMANI LUQUE

SEGUNDO JURADO

:

Ing. Ricardo, BARDALES VASSI

DIRECTOR DE TESIS

:

Ing. Edilberto, VELARDE COAQUIRA

ASESOR

:

Ph.D. Juan Marcos, ARO ARO



**ÁREA : Ingeniería y Tecnología
TEMA : Saneamiento rural
LÍNEA: Ingeniería de Infraestructura Rural**

DEDICATORIA

Primeramente a Dios que me dio la oportunidad de vivir y darme la fuerza necesaria para salir adelante en cada tropiezo.

A mi querida Familia, por su invaluable paciencia y comprensión, quienes son la alegría de mi hogar y lo más importante en mi vida Ricardo Jhasmany y Natalia Rosa.

Con profundo amor a mis padres J. Moisés y Domitila, que desde el cielo me ilumina y acompaña todos mis días.

Con inmensa gratitud y agradecimiento a mi hermano Wilfredo Fredy por su incondicional e incomparable apoyo, quien supo alentarme en cada momento.

Moisés CHINO CALLI

AGRADECIMIENTOS

- *Quiero dar las gracias a Dios, por todas y cada una de las personas que puso en mi camino, que hicieron posible la realización de este trabajo.*
- *A nuestra Alma Mater, Universidad Nacional del Altiplano – Puno, a la escuela profesional de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ingeniería Agrícola, que me dio la oportunidad de formarme como profesional.*
- *Asimismo, a mi director de tesis Ing. Edilberto VELARDE COAQUIRA, que con su empeño y dedicación compartió sus conocimientos y la labor de dirección desempeñada en este trabajo de investigación.*
- *Al Ph.D. Juan Marcos ARO ARO por su asesoramiento durante la ejecución.*
- *A todos los Docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola quienes impartieron sus conocimientos durante toda mi formación profesional.*
- *Al personal Administrativo Sra. Marleny CÓRDOVA DÍAS, Sra. Silvia LIMA ESCARCENA y todo el personal de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola por su ayuda y colaboración en el desarrollo de este trabajo.*
- *A mis queridos amigos Elmer, Luis Alberto, Leonardo, Royer, Freyker por brindarme su apoyo durante esta andadura que han estado ahí para lo que necesite.*
- *A la Comunidad de Vilca Maquera que me permitió realizar la presente investigación.*

A todos ellos, mi eterna gratitud.

El Autor.

ÍNDICE

	Pág.
I. RESUMEN.	1
INTRODUCCIÓN.	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.	3
1.1. Planteamiento del problema.	3
1.2. Objetivos.	4
1.2.1. Objetivo general.	4
1.2.2. Objetivos específicos.	4
1.3. Justificación.	5
1.4. Antecedentes.	6
1.4.1. A nivel global.	6
1.4.2. A nivel nacional.	9
1.4.3. A nivel local.	11
II. MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.	13
2.1. Marco teórico.	13
2.1.1. La precipitación.	13
2.1.2. Sistema de captación de agua de lluvia.	17
2.1.3. Principales sistemas de captación de agua de lluvia.	17
2.1.4. Clasificación de los sistemas de captación de agua de lluvia.	18
2.1.5. Consideraciones para el diseño del sistema de captación de agua de lluvia.	22
2.1.5.1. Ventajas y desventajas.	23
2.1.5.2. Aplicación.	23
2.1.5.3. Factibilidad.	24
2.1.6. Componentes de los sistemas de captación de agua de lluvia.	26
2.1.7. Calidad de agua.	34
2.1.8. Características físicas del agua.	35

2.1.9. Características químicas del agua.	37
2.1.10. Aspectos de impacto ambiental.	40
2.2. Definición de términos.	40
2.2.1. Términos hidráulicos.	40
2.3. Hipótesis de la investigación.	42
2.3.1. Hipótesis general.	42
2.3.2. Hipótesis específicas.	42
III. MATERIALES Y MÉTODOS.	43
3.1. Descripción de la zona de estudio.	43
3.1.1. Ubicación y extensión del área de estudio.	43
3.2. Diagnóstico del ámbito de estudio, comunidad campesina de Vilca Maquera – Distrito de Pilcuyo, Provincia de El Collao.	46
Servicio de saneamiento.	46
Aspectos socio económicos de la población.	49
Capital humano.	49
Social e institucional.	54
Los recursos naturales.	55
3.3. Metodología para la evaluación y diseño de captación de agua de lluvia en viviendas rurales en la comunidad campesina de Vilca Maquera.	57
3.3.1. Materiales y equipos.	57
3.3.2. Información básica.	57
3.3.2.1. Información meteorológica.	57
3.3.3. Metodología de la evaluación de los techos de las viviendas.	58
3.3.4. Metodología del aspecto técnico.	59
3.3.4.1. Localización del sitio para establecer el sistema de captación de agua de lluvia.	59
3.3.4.2. Determinación de la demanda de agua por familia.	60
3.3.4.3. Cálculo de la precipitación pluvial neta.	61

3.3.4.4. Consideraciones para la realización de los cálculos.	62
3.3.4.5. Área de captación del agua de lluvia.	64
3.3.4.6. Diseño del sistema de conducción del agua de lluvia captada.	64
3.3.4.7. Diseño del volumen del sedimentador o trampa de sólidos.	69
3.3.4.8. Diseño del sistema de almacenamiento del agua de lluvia captada.	70
3.3.4.9. Bombeo del agua de lluvia almacenada.	71
3.3.4.10. Evaluación de la calidad de agua de lluvia.	72
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	73
4.1. Resultados de la evaluación de los techos de las viviendas rurales para la captación de agua de lluvia con fines de consumo doméstico, en la comunidad campesina de Vilca Maquera.	73
4.1.1. Resultados de la evaluación de los techos de las viviendas en el área de estudio de la comunidad Vilca Maquera del Distrito de Pilcuyo.	73
4.1.2. Resultados del diagnóstico técnico de agua potable en el área de estudio, en la comunidad de Vilca Maquera.	75
4.1.3. Resultados del sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico a nivel familiar en viviendas rurales de la comunidad Vilca Maquera del Distrito de Pilcuyo.	78
4.1.4. Aspectos técnicos del sistema de captación del agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano a nivel familiar.	79
4.2. Resultados del diseño del sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia para el consumo doméstico en las viviendas rurales del Distrito de Pilcuyo.	89
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	95
CONCLUSIONES.	95
RECOMENDACIONES.	96
BIBLIOGRAFÍA.	97
ANEXOS.	99

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
TABLA 1	Coeficiente de escurrimiento.	28
TABLA 2	Requisitos físico químico para el agua potable.	39
TABLA 3	Vías de acceso a la zona de estudio.	46
TABLA 4	Abastecimiento de agua potable en el área de estudio.	46
TABLA 5	Sistema de alcantarillado en el área de estudio.	47
TABLA 6	Aspectos de las viviendas en el área de estudio.	48
TABLA 7	Aspectos de las viviendas en el área de estudio.	48
TABLA 8	Población total, por área urbana y rural, según sexo del Departamento, Provincia y Distrito.	49
TABLA 9	Población objetivo del proyecto.	49
TABLA 10	Evolución de la población económicamente activa.	50
TABLA 11	Población económicamente activa por grupos de edad del distrito de Pilcuyo, según ramas de actividad.	51
TABLA 12	Evolución de la población económicamente activa.	52
TABLA 13	Población y situación de infraestructura educativa, según niveles del distrito de Pilcuyo – 2007.	53
TABLA 14	Población de 3 años a mas, distrito de Pilcuyo según sexo y condición de alfabetismo.	53
TABLA 15	Número de familias en la organización.	54
TABLA 16	Servicio de energía eléctrica en el área de estudio.	55
TABLA 17	Capacidad de uso del recurso suelo en el distrito de Pilcuyo	56
TABLA 18	Producción agrícola en el distrito de Pilcuyo en tm. y has (2002-2005).	56
TABLA 19	Estación meteorológica.	58
TABLA 20	Resumen de parámetros meteorológicos de la estación llave (1969-2010).	58
TABLA 21	Dotación por región.	60

TABLA 22	Cantidad de agua que necesitamos.	60
TABLA 23	Coeficientes de escurrimiento (Ce) de los diferentes materiales en el área de captación.	61
TABLA 24	Volumen de agua captado en litros con relación al área de captación y a la precipitación pluvial promedio.	63
TABLA 25	Altura, área hidráulica, perímetro mojado y radio hidráulico en secciones para colectar el agua de lluvia.	69
TABLA 26	Parámetros, límites máximos permisibles de la calidad de agua.	72
TABLA 27	Vivienda familiar y área de techos.	74
TABLA 28	Jefes de familia encuestados que consumen agua de los pozos rústicos.	76
TABLA 29	Jefes de familia encuestados que consumen agua lit/pers/día.	77
TABLA 30	Demanda del agua mensualizada para una persona.	81
TABLA 31	Demanda del agua mensualizada para 4 personas.	81
TABLA 32	Oferta de precipitación del agua mensualizada.	82
TABLA 33	Precipitación del mes de diciembre 2013 en (mm).	83
TABLA 34	Precipitación del mes de enero 2013 en (mm).	84
TABLA 35	Precipitación del mes de febrero 2013 en (mm).	85
TABLA 36	Precipitación del mes de marzo 2013 en (mm).	86
TABLA 37	Oferta de precipitación en (mm) durante los meses de diciembre 2012 a marzo del 2013.	87
TABLA 38	Oferta de precipitación pluvial neta de los meses diciembre a marzo.	88
TABLA 39	Altura, área hidráulica, perímetro mojado y radio hidráulico en sección circular y rectangular.	91
TABLA 40	Parámetros de límites máximos permisibles comparados con el análisis físico químico del agua de lluvia.	94

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1	Sistema de captación de agua de lluvia en techos.	20
FIGURA 2	Sistema de captación de agua de lluvia en techos.	26
FIGURA 3	Canaletas de recolección de agua de lluvia en techos.	30
FIGURA 4	Dispositivo interceptor de las primeras aguas.	32
FIGURA 5	Cisterna de concreto de 40 m ³ - cemento.	33
FIGURA 6	Diagrama de bombeo de agua almacenada.	41
FIGURA 7	Macro localización del proyecto de investigación.	43
FIGURA 8	Micro localización del proyecto.	44
FIGURA 9	Ubicación del proyecto.	44
FIGURA 10	Evaluando el techo de una vivienda en la comunidad de Vilca Maquera.	73
FIGURA 11	Viviendas sin canaleta para la colección de agua de lluvia.	74
FIGURA 12	Medición del área y la profundidad del pozo rustico.	75
FIGURA 13	Vivienda con techo de calamina galvanizada.	78
FIGURA 14	Diseño de una línea de impulsión.	93

RESUMEN

La presente investigación denominada “Evaluación y Propuesta de Diseño de Captación de Agua de Lluvia en Viviendas Rurales de la Comunidad Vilca Maquera - Pilcuyo”, es de gran interés y surge de la preocupación frente a la escases de los recursos hídricos que enfrenta el planeta tierra y por ende nuestro país, particularmente la comunidad de Vilca Maquera – Pilcuyo. La investigación plantea como objetivos: Evaluar los techos de las viviendas rurales para la captación de agua de lluvia y diseñar un sistema de captación del agua de lluvia con fines de consumo doméstico en las viviendas rurales de la comunidad de Vilca Maquera – Pilcuyo.

Uno de los problemas que enfrenta los pobladores de la comunidad de Vilca Maquera, es el insuficiente abastecimiento de agua potable; porque los pobladores extraen el agua para su consumo de fuentes internas: como acuíferos y manantiales, mediante pozos rústicos. Este modelo de abastecimiento de agua no está cumpliendo con la demanda actual, ocasionando escases de agua potable a la población materia de estudio. El agua además bajo este sistema de captación está expuesta a mayor contaminación.

En el aspecto metodológico, se realizó el diagnóstico de la comunidad referente al sistema de saneamiento, aspecto socio económico, social e institucional así como también sobre los recursos naturales. Por otro lado se obtuvo la información meteorológica y la metodología del aspecto técnico haciendo énfasis en el diseño del sistema de captación de agua de lluvia.

Los resultados de la investigación indica que la demanda de agua anual para una familia de 04 personas es de $73\text{m}^3/\text{anual}$. La oferta de la precipitación neta durante los meses de lluvias alcanza 721.44mm . Respecto al diseño de captación se ha considerado dos techos de 120m^2 y un tanque cisterna de 50.5m^3 de la población muestra. Asimismo en la evaluación se ha determinado que el agua de lluvia es apta para el consumo humano.

I. INTRODUCCIÓN.

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 la comunidad de Vilca Maquera no existe un sistema de abastecimiento de agua potable. Los pobladores de la Comunidad de Vilca Maquera recolectan agua de pozos rústicos, el cual no siempre es potable; siendo un factor que dificulta el desarrollo del poblador rural. En base a esta problemática se propone la captación de agua de lluvia, como fuente alterna de abastecimiento del recurso hídrico.

Los sistemas de abastecimiento de agua potable seguros, adecuados y accesibles, conjuntamente con un tratamiento apropiado; permitirán eliminar o disminuir el riesgo de contraer enfermedades en la población de la comunidad de Vilca Maquera. La importancia de captar, almacenar utilizar el agua de lluvia para el uso doméstico y consumo humano es de gran relevancia para poblaciones, sobre todo en aquellas que no tienen acceso a este elemento vital. 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 físicas de la ubicación del ámbito donde se ha planteado esta propuesta; por otro lado ha sido fundamental evaluar los techos de las viviendas de la comunidad de Vilca Maquera, su nivel de escurrimiento el mismo que en un 90% presentan características apropiadas para captar agua de lluvia en óptimas condiciones.

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.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es uno de los recursos renovables más importantes para la humanidad y los demás seres vivos del planeta, pues ninguna actividad puede desarrollarse sin ella, hoy en día la sociedad enfrenta graves y complejos problemas relacionados con el agua. La contaminación, deforestación y la sobreexplotación de acuíferos, ha mermado las reservas abastecedoras del elemento líquido en muchas ciudades del Perú, particularmente de la comunidad de Vilca Maquera del distrito de Pilcuyo.

Los pobladores de la comunidad de Vilca Maquera, extraen el agua de fuentes internas, como el acuífero y manantiales. Este modelo 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 la carencia de una política adecuada para la gestión y uso de agua potable en la zona de estudio, se evidencia en la necesidad de recuperar el recurso hídrico producido por las precipitaciones pluviales para el consumo humano. Sin embargo esta técnica no está siendo aplicada integralmente, pese a que es una de las técnicas más antiguas. Asimismo la deforestación de las cuencas hidrográficas, en las cuencas altas y medias afecta seriamente el recurso hídrico, este problema, sumado a la escasa precipitación media en cada cuenca agrava la disponibilidad del recurso hídrico superficial, específicamente para el consumo humano.

En este contexto el crecimiento demográfico ha generado mayor atención a sus necesidades básicas: como son agua potable. Esto ha producido el colapso en el abastecimiento y calidad del agua potable para el consumo humano, dada la escasez de agua durante la época de estiaje (Abril - Noviembre). El ahorro, el buen manejo y la gestión del agua es fundamental para hacer frente a esta situación. Por

ello, los esfuerzos se orientan al uso de diferentes técnicas para lograr este objetivo teniendo entre ellas implementar sistemas de recuperación que permitan el mayor ahorro de agua posible, el revestimiento de la infraestructura de almacenamiento, así como el fortalecimiento institucional a fin de garantizar la adecuada operación y mantenimiento.

Este trabajo de investigación tiene como objetivo fortalecer la propuesta de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Por lo que se ha planteado las siguientes preguntas centrales:

- ✓ ¿De qué manera los sistemas de captación de agua y su respectiva evaluación, garantiza agua de lluvia para el consumo doméstico en las viviendas rurales de la comunidad de Vilca Maquera - distrito de Pilcuyo?
- ✓ ¿Cómo influye la carencia de un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia en la gestión y uso de agua potable en la zona de estudio?

1.2. OBJETIVOS:

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Evaluar la cobertura de las viviendas y proponer un diseño de captación del agua de lluvia para el consumo doméstico, en las viviendas rurales de la comunidad campesina de Vilca Maquera - Pilcuyo.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ✓ Evaluar la cobertura de las viviendas rurales para la captación de agua de lluvia con fines de consumo doméstico, en la comunidad campesina de Vilca Maquera – Pilcuyo.
- ✓ Diseñar un sistema de captación, almacenamiento, distribución del agua de lluvia para el consumo doméstico, en las viviendas rurales de la comunidad campesina de Vilca Maquera - Pilcuyo.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El aumento de la población y el consecuente crecimiento de la demanda por alimentos y agua, particularmente el agua dulce, se ha convertido en uno de los componentes ambientales más amenazados tanto en su calidad y cantidad; comprometiendo la calidad de vida de la población de la comunidad de Vilca Maquera del distrito de Pilcuyo, consecuentemente sus posibilidades de desarrollo se han visto limitadas.

Este crecimiento demográfico ha producido el colapso en el abastecimiento y calidad del agua potable para el consumo humano, puesto que los pobladores extraen el elemento líquido, de las fuentes internas y superficiales. Sin embargo no toda el agua es utilizada, debido a la poca eficiencia de los sistemas de distribución y uso. Además, las fuentes de agua disminuyen considerablemente en la época de estiaje; por otro lado, otro factor que impide el consumo de agua de calidad es la presencia de residuos sólidos que contaminan el agua.

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; la investigación está dirigida principalmente a la interceptación del agua de lluvia, la recolección mediante canaletas y el almacenamiento en reservorios, tanques exclusivos para el consumo doméstico este fin, procurando un funcionamiento autosostenible.

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.

El presente trabajo de investigación, se enmarca en la aplicación de conceptos netamente técnicos para el análisis y posterior diseño de pequeñas obras particulares y comunales para cosechar (captar) y almacenar el agua de lluvia, como alternativa para enfrentar la sequía y el cambio climático de la comunidad campesina de Vilca Maquera - Distrito de Pilcuyo, para garantizar el agua de buena calidad.

1.4. ANTECEDENTES

El trabajo de investigación tiene relación con estudios realizados a nivel mundial y en la región sur del país, basados en la escasez de recursos hídricos como resultado del cambio climático; en efecto, mencionamos los antecedentes siguientes:

1.4.1. A Nivel Global.

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son utilizados intensamente en muchas zonas del planeta como una alternativa, frente a la escases y respectiva demanda de agua. Se implementan en espacios donde 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 para abastecer a una determinada población.

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.

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 bajas¹.
- ❖ 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 lluvia².

¹Manual de captación de Agua de Lluvia, René Van Veenhuizen, FAO, Santiago de Chile 2000

²Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. José Alejandro Ballén Juárez, Colombia, 2006

- ❖ 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 al aljibe ³
- ❖ En las zonas altas de la República de Yemen donde las lluvias son escasas, se encuentran edificaciones, templos y sitios de oración que fueron construidas antes del año 1,000 a.C., que cuentan con patios y terrazas utilizadas para captar y almacenar agua de lluvia⁴
- ❖ 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 maya⁵.

³La lucha contra la desertificación de sus frutos, estudios de caso, UNESCO 1999

⁴ Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la ciencia y la cultura (UNESCO) 1999

⁵ Los Viajes de Agua en el Mayab: pozos, ríos subterráneos y cenotos. Clara Martín Ramos, INAH 2000

1.4.2. A nivel Nacional.

En el Perú ante la escasez de agua, una de las consecuencias del calentamiento global, 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 acuíferos⁶.

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

⁶ Proyecto Gestión Social del Agua y ambiente de cuencas - Andrés Alencastre Calderón

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 altoandinas 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.

1.4.3. A Nivel Local.

Según Díaz Zeballos, César y Velásquez Coaquira, Emiliano (1992) En la sierra de Moquegua se encuentra, también, una amplia superficie cubierta de Andenes, la mayor parte de ellos fuera de uso; lo propio ocurre con una amplísima superficie cubierta por terrazas en Cuyo Cuyo, Sandía - Puno. Se estima, que la superficie cubierta por terrazas es mucho mayor al encontrar en casi todos los valles interandinos estas obras destinadas a dominar las pendientes y posibilitar el uso de las tierras minimizando la erosión de los suelos.

Según la misma fuente, los camellones o WaruWaru de Puno se encuentran distribuidos, principalmente, en las Provincias de San Román y Puno y secundariamente en Azángaro y Chucuito; en su mayor parte se encuentran en estado de abandono, salvo aquellas áreas que comenzaron a rehabilitarse hace aproximadamente una década y con mayor intensidad en los últimos cinco años, pero que en todo caso no sobrepasan las 400 Ha.

Las constataciones que hemos puesto en evidencia nos lleva a proponer una tarea complementaria a la anteriormente mencionada, la tarea impostergable de proponer alternativas de captación de agua para una gestión doméstica local como un paso previo para dar curso a un Programa Nacional de Adaptación al Cambio

Climático Global, el cual debe formar parte substantiva de la Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático Global. A partir de las experiencias particulares respecto al aprovechamiento del agua de lluvia para el consumo humano.

II. MARCO TEÓRICO

MARCO CONCEPTUAL, E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1. MARCO TEÓRICO.

2.1.1. 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.(Villon, 2011, p.69).

➤ **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 región⁷.
- ❖ 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.

⁷Estudiantes de ingeniería Civil UNAS en <http://eicunsa.tk/>

Cualquier producto formado por la condensación de vapor de agua atmosférico en el aire libre o la superficie de la tierra es un hidrometeoro⁸.

La lluvia depende de tres factores: presión, temperatura y en especial la radiación solar.

➤ **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. (villon,2011, p.73).

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

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.

➤ **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. (Villon, 2011, p.70).

⁸Hidrología 1 Ing. Carlos D. Segerer, 2006

Por la forma en que cae, se pueden clasificar diversos tipos de 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.

- ❖ **Escarcha:** es una capa de hielo que se forma producto del enfriamiento de una superficie húmeda producida por lluvia o llovizna.
- ❖ **Chubasco:** el viento, las gotas y la intensidad, aumentan.
- ❖ **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.
- ❖ **Nieve:** está compuesta por cristales de hielo blanco o traslúcido.
- ❖ **Granizo:** precipitación en forma de bolas o cristales irregulares de hielo que se producen generalmente por nubes convectivas.

- ❖ **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 tornados⁹.

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.

➤ **Tipos de precipitación.**

De acuerdo con la causa que origina el ascenso de la masa húmeda, pueden distinguirse tres tipos de precipitación: (Herrera, 2010, p.08).

- ❖ **Precipitación ciclónica:** Resulta del levantamiento del aire que converge de un área de baja presión o ciclón.
- ❖ **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.
- ❖ **Precipitación orográfica:** Resulta del ascenso mecánico sobre una cadena de montañas.

⁹Hidrología 1 Ing. Carlos D. Segerer, 2006.

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.

2.1.2. 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. (Herrera, 2010, p.82).

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 diaria¹⁰.

La captación del agua de lluvia puede ser definida como la recolección de los escurrimientos superficiales para uso productivo. (FAO, 2000).

2.1.3. PRINCIPALES SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

¹⁰Guía para la persona educada de cómo cosechar agua de lluvia, 2006.

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. (UNATSABAR, 2001).

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.¹¹

2.1.4. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.

¹¹Manual de captación de agua de Lluvia, René Van Veenhuizen, FAO, 2000

Como se ha podido apreciar, se han utilizado distintos Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia¹² 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: (Anaya, 2009, p.09).

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

A continuación se hace una descripción detallada de cada sistema.

➤ **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 los cuales se describen detalladamente más adelante. 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

¹²Sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia, Anaya Garduño, CIDECALLI 2008.

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 cisternas¹³



Figura 01: Sistema de captación de agua de lluvia en techos – 2013.
Fuente: Elaboración propia

➤ **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.

¹³ Alternativas de captación de agua para uso humano y productivo en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua, Cajina Canelo. CATIE, Costa Rica 2006.

Según Veenhuizen (1998), la micro captación in situ del agua de lluvia se diferencia de la captación general, básicamente en tres aspectos:

- ❖ Porque el sistema de captación se realiza exclusivamente para emplearlo en cultivos básicos, forrajeros, vegetación nativa, árboles, arbustos y frutales.
- ❖ Porque el área de escorrentía, 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.
- ❖ 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 evidentes¹⁴.

➤ ***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

¹⁴ Manual de captación de agua de lluvia, René Van Veenhuizen, FAO - 2000.

de la importancia que tiene la infiltración, no solo para el abastecimiento del agua; sino para la preservación del ciclo hidrológico.¹⁵

➤ ***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, consideradas 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 año¹⁶.

2.1.5. CONSIDERACIONES PARA DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.

La información que a continuación se presenta se ha obtenido al realizar el análisis de diferentes proyectos elaborados por diversas instituciones, así como de manuales de sistemas de captación de agua de lluvia, con la finalidad de facilitar al lector, obtener el conocimiento adecuado para la fácil elaboración de un sistema de captación de agua de lluvia. Al realizar este análisis podemos darnos cuenta que las consideraciones de diseño para un sistema de captación de agua de lluvia, por tratarse de gastos menores no necesita de una implementación afondo de las leyes de la hidráulica, esto no quiere decir que no sean necesarias, sino todo lo contrario,

¹⁵Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: Una alternativa a la gestión del agua de lluvia. Momparler y Doménech. Universidad Politécnica de Valencia, 2000.

¹⁶Cristóbal Pinche Laure.

la persona responsable del diseño de un sistema de captación de agua de lluvia debe tener amplio conocimiento de la aplicación de las leyes de la hidráulica a fin de asegurar el funcionamiento del sistema¹⁷.

2.1.5.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

La captación del agua de lluvia para consumo humano presenta las siguientes ventajas. (Anaya, 2009, p.26).

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

Las desventajas de este método de abastecimiento de agua son las siguientes

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

2.1.5.2. APLICACIÓN.

La captación de agua de lluvia para consumo humano es recomendada en primera instancia para zonas rurales o urbano marginales, con niveles de precipitación pluviométrica que hagan posible el adecuado abastecimiento de agua de la población beneficiada y que no cuentan con acceso a fuentes

¹⁷Guía de diseño para captación del agua de lluvia. UNATSABAR, Perú 2001.

superficiales cercanas, y donde el nivel freático de las aguas subterráneas es muy bajo, pero en la actualidad es importante hacer provecho de la captación de agua en todas las zonas pobladas aunque exista un sistema de abastecimiento; considerando así a la captación de agua como un sistema alternativo o complementario de distribución de agua.

2.1.5.3. FACTIBILIDAD.

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

➤ **Factor técnico.**

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

- ❖ **Producción u “oferta” de agua;** ésta relacionada directamente con la precipitación pluvial durante el año y con las variaciones estacionales de la misma. Por ello es necesario contar con datos de precipitación suministrados por la autoridad competente del país o de la región donde se pretende ejecutar el proyecto.
- ❖ **Demanda de agua;** La demanda depende de las necesidades del interesado y los usos que quiere darle al agua.

➤ **Factor económico.**

Existe 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.(UNATSABAR 2001).

➤ **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 se puedan afectar con la implementación de las tecnologías aplicadas. Al efecto, el 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. (UNATSABAR 2001).

➤ **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. (Herrera, 2010, p.50)

2.1.6. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.

Retomando que la captación de agua de lluvia es considerada en este estudio como una tecnología utilizada para habilitar en tal sentido los techos y los pisos, o bien, otras áreas impermeables de las construcciones, para ser almacenada luego en diversos tipos de cisternas. Se tiene que el sistema de captación de agua de lluvia en techos está compuesto de los siguientes elementos y que se pueden apreciar en la figura¹⁸¹⁹

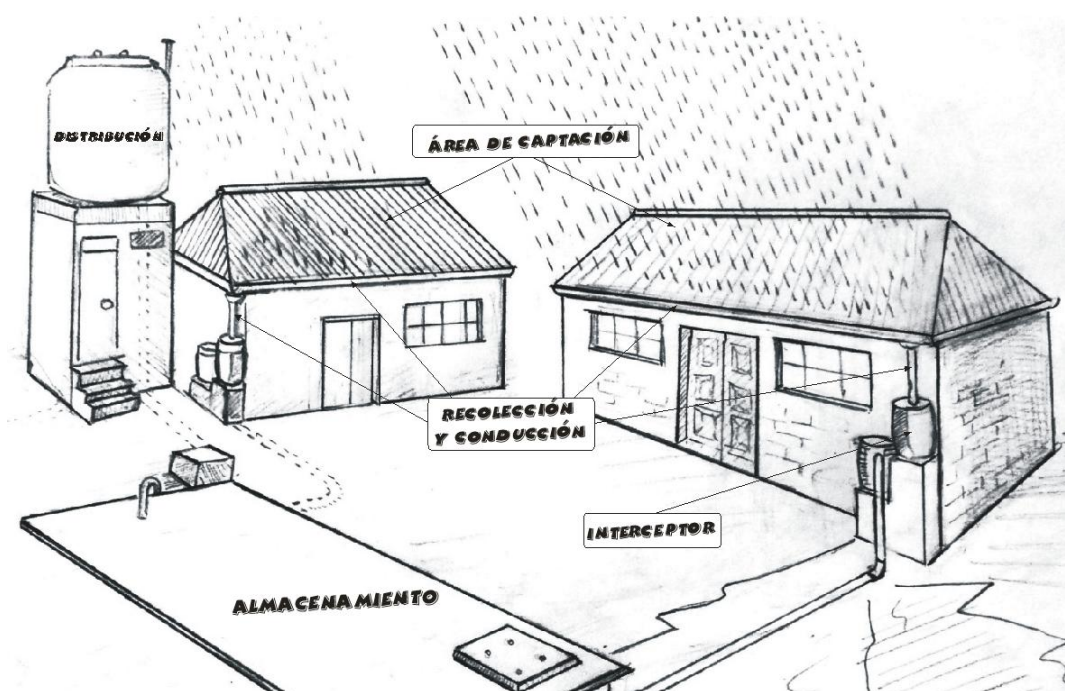


Figura 02: Sistema de captación de agua de lluvia en techos – 2013.
Fuente: Elaboración propia

¹⁸Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso, especificaciones técnicas, Manual de capacitación para la participación comunitaria. Manejo integrado de la subcuenca alta del río grande en la sierra norte, Oaxaca 2005.

¹⁹Captación de agua de lluvia para consumo humano: especificaciones técnicas, UNATSABAR, Perú 2003.

a) El área de captación.

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

Los materiales empleados en la construcción de techos para la captación de agua de lluvia son la plancha metálica ondulada, tejas de arcilla, paja, etc.

La plancha metálica es liviana, fácil de instalar y necesita pocos cuidados, pero puede resultar costosa y difícil de encontrar en algunos lugares donde se intente proyectar este sistema.

Las tejas de arcilla tienen buena superficie y suelen ser más baratas, pero son pesadas, y para instalarlas se necesita de una buena estructura, además que para su elaboración se necesita de una buena fuente de arcilla y combustible para su cocción.

La paja, por ser de origen vegetal, tiene la desventaja que libera lignina y tanino, lo que le da un color amarillento al agua, pero que no tiene mayor impacto en la salud de los consumidores siempre que la intensidad sea baja. En todo caso puede ser destinada para otros fines diferentes al de consumo, como riego, bebida de ganado, lavado de ropa, higiene personal, limpieza de servicios sanitarios, etc.

Para el diseño se debe considerar los siguientes puntos:

- ❖ La superficie debe ser de tamaño suficiente para cumplir la demanda requerida. Es importante que los materiales con que están construidas estas superficies, no desprendan olores, colores y sustancias que puedan contaminar el agua pluvial o alterar la eficiencia de los sistemas de tratamiento.
- ❖ El techo de la edificación deberá contar con pendiente y superficie adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección, debe tener una pendiente no menor al

cinco por ciento (5%) en dirección a las canaletas de recolección del agua de lluvia. En el cálculo se debe considerar la proyección horizontal del techo y el coeficiente de escurrimiento.

- ❖ En el caso de utilizar aéreas sobre terreno, estas deben estar limpias y ser lo suficientemente impermeables para no permitir que cierta parte importante del agua precipitada se pierda por infiltración en el terreno²⁰.

Cuando llueve existen pérdidas de agua en el techo debido a infiltraciones; por evaporación del agua que humedece la superficie y por salpicaduras debido a fuertes vientos. Estas pérdidas se representan en los diferentes materiales utilizados como un coeficiente de escurrimiento (Ce) y es un número entre 0 y 1. Algunos de estos coeficientes aplicados se pueden ver en la tabla.²¹

Tabla N° 01: Coeficiente de escurrimiento

TIPOS DE CAPTACIÓN	Ce
Cubiertas superficiales	
Concreto	0,6-0,8
Pavimento	0,5-0,6
Geomembrana de PVC	0,85-0,90
Azotea	
Azulejos, teja	0,8-0,9
Hojas de metal acanaladas	0,7-0,9
Orgánicos (hojas con barro)	< 0,2
Captación en tierra	
Suelo con pendientes menores al 10%	0,0-0,3
Superficies naturales rocosas	0,2-0,5

Fuente: Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural (UNATSABAR) 2003

b) Recolección y conducción.

²⁰Agua potable – Fuentes de abastecimiento y obras de captación – Parte 1: Captación de aguas superficiales, INN, Chile 2000.

²¹Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural (UNATSABAR)

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

El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua. Al efecto se puede emplear materiales, como el bambú, madera, metal o PVC.

Las canaletas de metal son las que más duran y menos mantenimiento necesitan, sin embargo son costosas. Las canaletas confeccionadas a base de bambú y madera son fáciles de construir pero se deterioran rápidamente. Las canaletas de PVC son más fáciles de obtener, durables y no son muy costosas. (Velázquez, 2012, p.95)

Para el diseño se debe considerar los siguientes puntos:

- ❖ Las canaletas podrán ser de cualquier material que no altere la calidad fisicoquímica del agua recolectada.
- ❖ El ancho mínimo de la canaleta será de 75 mm y el máximo de 150 mm.
- ❖ Las canaletas deben ser lo suficientemente profundas para mantener el agua recolectada y prevenir que se rebote.
- ❖ Las canaletas deberán estar fuertemente adosadas a los bordes más bajos del techo.
- ❖ El techo deberá prolongarse hacia el interior de la canaleta, como mínimo en un 20% del ancho de la canaleta.
- ❖ La distancia que debe mediar entre la parte superior de la canaleta y la parte más baja del techo debe ser la menor posible para evitar la pérdida de agua.

- ❖ El máximo tirante de agua en las proximidades del interceptor no deberá ser mayor al 60% de la profundidad efectiva de la canaleta.
- ❖ La velocidad del agua en las canaletas no deberá ser mayor a 1 m/s.
- ❖ Para calcular la capacidad de conducción de la canaleta se podrán emplear formulas racionales como la de Manning, con sus correspondientes coeficientes de rugosidad, acordes con la calidad física del material con que fue construida la canaleta.
- ❖ Las uniones entre canaletas deben ser herméticas y lo más lisas posibles para evitar el represamiento del agua.
- ❖ En el caso de techos planos de losas de concreto, se recomienda conducir el agua hacia un punto donde se capte y canalice a la cisterna.²²

Las canaletas se fijan al techo con:

- ✓ Alambre
- ✓ Madera
- ✓ Clavos.

Por otra parte, es muy importante que el material utilizado en la unión de los tramos de la canaleta no contamine el agua con compuestos orgánicos o inorgánicos. En el caso de que la canaleta llegue a captar materiales indeseables, tales como hojas, excremento de aves, etc. El sistema debe tener mallas que retengan estos objetos para evitar que obturen la tubería montante o el dispositivo de descarga de las primeras aguas. (Herrera, 2010, p.85)

²² Captación de agua de lluvia para consumo humano: especificaciones técnicas, UNATSABAR, Perú 2003.

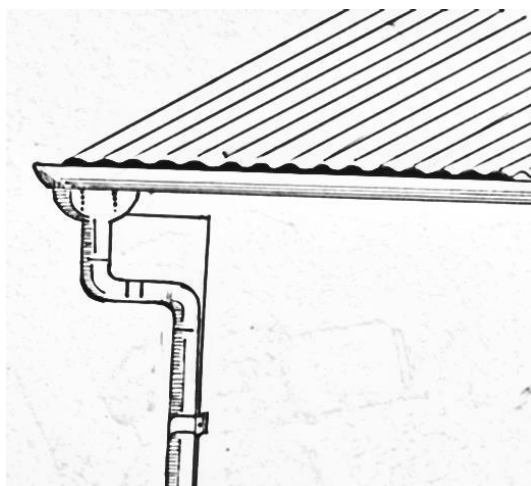


Figura 03:canaletas de recolección de agua de lluvia en techos - 2013.
Fuente: Elaboración propia

c) Interceptor

Conocido también como dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado del techo y que contiene todos los materiales que en él se encuentren en el momento del inicio de la lluvia. Este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada y de la que vaya a almacenarse posteriormente²³

En el diseño del dispositivo se debe tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo y que se estima en 1 litro por m² de techo.

El volumen de agua resultante del lavado del techo debe ser recolectado en un tanque de plástico. Este tanque debe diseñarse en función del área del techo para lo cual se podrán emplear recipientes de 40, 60, 80 ó 120 litros, y para áreas mayores de techo se utilizarían combinaciones de estos tanques para captar dicho volumen.

- ❖ Debe asegurar la calidad del agua dependiendo de su uso.

²³Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural (UNATSABAR)

- ❖ El techo destinado a la captación del agua de lluvia puede tener más de un interceptor. En el caso que el área de captación tenga dos o más interceptores, ellos deberán atender áreas específicas del techo y por ningún motivo un determinado interceptor deberá captar las primeras agua de lluvia de un área que haya sido atendida por otro interceptor con el fin de agilizar el proceso de lavado del techo.
- ❖ Al inicio del tubo de bajada al interceptor deberá existir un ensanchamiento que permita encauzar el agua hacia el interceptor sin que se produzcan reboses, y su ancho inicial debe ser igual al doble del diámetro de la canaleta debiendo tener la reducción a una longitud de dos veces el diámetro.
- ❖ El diámetro mínimo del tubo de bajada del interceptor no será menor a 75 mm.
- ❖ La parte superior del interceptor deberá contar con un dispositivo de cierre automático una vez que el tanque de almacenamiento del interceptor se haya llenado con las primeras aguas de lluvia.
- ❖ El fondo del tanque de almacenamiento del interceptor deberá contar con grifo o tapón para el drenaje del agua luego de concluida la lluvia.
- ❖ El interceptor contará con un dispositivo que debe cerrarse una vez que se hayan evacuado las primeras aguas de lluvia.
- ❖ El filtro deberá diseñarse de modo que la velocidad de filtración sea menor a 0.2 m/h.
- ❖ Su funcionamiento debe de ser auto-purgante para no requerir de mayor
- ❖ mantenimiento y limpieza²⁴.

²⁴Captación de agua de lluvia para consumo humano: especificaciones técnicas, UNATSABAR, Perú 2003.

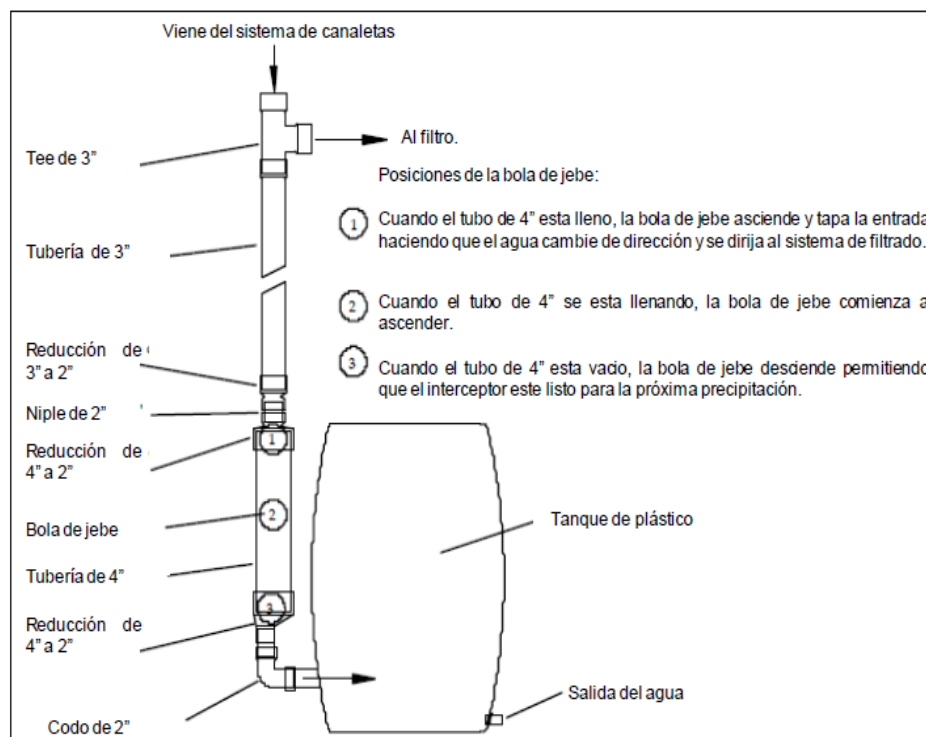


Figura 04:Dispositivo interceptor de las primeras aguas – 2013.
Fuente: Guía de diseño para captación del agua de lluvia.

d) Almacenamiento:

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

La unidad de almacenamiento debe ser duradera y al efecto debe cumplir con las especificaciones siguientes:

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

- ✓ Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje. Esto último para los casos de limpieza o reparación del tanque de almacenamiento. En el caso de tanques enterrados, deberán ser dotados de bombas de mano.²⁵



Figura 05: Cisterna de concreto de 40m³ - 2013.
Fuente: Elaboración propio.

Los tipos de tanques de almacenamiento de agua de lluvia que pueden ser empleados en el medio rural pudieran ser construidos con los materiales siguientes²⁶:

- ✓ Mortero de cemento – arena; el mortero de cemento – arena se aplica sobre un molde de madera u otro material de forma preestablecida. Los modelos pequeños suelen variar entre 0.1 a 0.5 m³ y los modelos más grandes pueden alcanzar alturas de 1.5 m y volúmenes de hasta 2.3 m³.
- ✓ Concreto; normalmente se construye vaciando concreto en moldes concéntricos de acero de un diámetro de 1.5 m, 0.1 m de espesor y 0.60 m de altura. Este tipo de tanque de almacenamiento puede alcanzar volúmenes de hasta 60m³.

2.1.7. CALIDAD DE AGUA

²⁵Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural (UNATSABAR)

²⁶ Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso.

El agua pura es un producto artificial, las aguas naturales siempre contienen materiales extraños en solución o en suspensión en proporciones muy variables. Estas sustancias pueden modificar considerablemente las propiedades, efectos y usos del agua. (Miglio, 2009, p.08)

Las características del agua que se hacen llamar de “buena calidad” son directamente dependientes del uso que se hará de ella, por ejemplo: un agua dura será de pobre calidad para la producción de vapor por las incrustaciones de sales que se producirán en las tuberías; un agua turbia será inaceptable para la fabricación de hielo. Pero en cambio será aceptable para usarla en la concentración de minerales. Para considerar agua potable, su ingestión no debe causar efectos nocivos a la salud; el agua contaminada puede transmitir diferentes enfermedades.

Existen normas nacionales e internacionales de calidad de agua potable, la mayoría de los países en desarrollo han adoptado las normas de OMS, las cuales incluyen criterios de calidad de agua en sus aspectos físico, químico y bacteriológico.

En términos generales el agua debe estar libre de organismos patógenos, de sustancias tóxicas y de exceso de minerales y material orgánico; para que sea agradable debe estar libre de color, turbiedad, sabor y olor; más aún su contenido de oxígeno debe ser suficiente, debiendo tener una temperatura adecuada²⁷.

2.1.8. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA.

El agua no debe contener impurezas ofensivas a los sentidos de la vista, gusto u olfato; las características físicas a través de un examen incluyen turbidez, color, pH, sabor y olor y pueden incluir temperatura. (Miglio, 2009, p.08)

²⁷Abastecimiento de agua en el medio rural – Ing. Rosa Miglio Toledo

➤ **Turbidez.**

Es una medida de la resistencia del agua al paso de la luz; la turbidez es causada por la presencia de materia en suspensión generalmente arena fina, arcilla, tierra vegetal y materia coloidal. El valor de la turbidez se verifica mediante aparatos calibrados, ya sea el turbidímetro de Jackson o el de Hellige. Una unidad de turbidez a una suspensión de 1mg de sílice (S.O₂) en un litro de agua. (Miglio, 2009, p.09)

➤ **Color.**

El color aunque tiene poca significación sanitaria es estéticamente indeseable, pues puede manchar materiales o afectar procesos industriales. El color en el agua es debido generalmente a la presencia de materia orgánica en suspensión coloidal. También de materia mineral en solución o en suspensión (sales de hierro o manganeso). Es común encontrar las siguientes coloraciones:

Aguas pantanosas	Negras
Aguas con compuestos de hierro	Rojas
Aguas con presencia de cobre	azul

El valor patrón del color se aprecia sobre agua filtrada (para que no haya encubrimiento debido a la turbidez) y se compara con una escala de patrones preparando con cloruro de platino y cobalto. El número que expresa el color es igual a los miligramos de platino que contiene un litro de la solución patrón, cuyo color es igual al agua examinada. (Miglio, 2009, p.09)

➤ **Olor y sabor.**

El agua debe ser inodora y de sabor agradable. La presencia de olores y sabores puede resultar de la combinación de varios factores, como presencia de microorganismos muertos o vivos, gases disueltos, etc.

Las aguas naturales generalmente no tienen ningún olor, excepto el que pueda ocasionarles eventualmente el fierro y el azufre o el crecimiento de ciertos organismos como algas u otros. (Miglio, 2009, p.09)

➤ **pH.**

El pH es el cologaritmo de la concentración de los hidrógenos ionizados en moles por litro, se determina utilizando aparatos de extremada sensibilidad como el potenciómetro.²⁸

2.1.9. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUA.

El agua no debe contener exceso de mineral soluble ni exceso de las sustancias químicas que se emplean para tratarlas. El agua no debe contener:

- ✓ Sustancias indeseables directamente relacionadas con la salud como el plomo, el arsénico (causa envenenamiento progresivo); el flúor (los fluoruros arriba de 1.5 mg/L provocan la aparición de manchas oscuras y picaduras en los dientes); cromo, selenio, cianuro, nitratos (arriba de 50mg/L pueden provocar alteraciones en la sangre en niños de corta edad).
- ✓ Sustancias que no conviene que se presenten en concentraciones mayores a las fijadas como límite: cobre, fierro, magnesio, zinc, cloruros (el exceso de cloruros – sal produce sabor desagradable – salado), sulfatos (el exceso de sulfatos actúa como laxante), compuestos fenol y sólidos totales. (OMS, 2000).

²⁸Abastecimiento de agua en el medio rural – Ing. Rosa Miglio Toledo, Perú UNALM

➤ **Sustancias relacionados con el aspecto económico.**

- Las que causan dureza: un exceso de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio causan dureza en el agua; un agua dura es aquella que exige un alto consumo de jabón o con la cual no puede producirse espuma; modifica el cocimiento de las verduras dándoles un sabor especial; mancha; forma incrustaciones en tuberías. (OMS, 2000).

Hay dos tipos de dureza: la comunicada por carbonatos es la llamada dureza temporal, se pierde al hervir el agua pues las sales se precipitan; la comunicada por sulfatos, es la llamada dureza permanente, no se pierde con el hervido, se corrige con procedimientos químicos.

Desde el punto de vista sanitario la dureza del agua no presenta ningún peligro, lo perjudicial ocurre en el aspecto económico, pues las aguas duras descomponen el jabón y obligan a usarlo en mayor proporción para el lavado; igualmente producen incrustaciones en los calderos, siendo más peligrosas las producidas por sulfatos que muchas veces se descomponen dejando el ácido sulfúrico en libertad produciendo corrosiones.

- Las que causan corrosión: CO₂, óxidos minerales y orgánicos (pH ácido); hidróxido y carbonatos (pH alcalino, aguas corrosivas para el cemento)
- El hierro: colorea el agua y produce un sabor desagradable; mancha tejidos y aparatos sanitarios.
- Sulfatos. Transforman las aguas en agresivas para el concreto.²⁹

➤ **Sustancias indicadores de polución orgánica.**

²⁹Abastecimiento de agua en el medio rural – Ing. Rosa Miglio Toledo, Perú UNALM

- *Nitrógeno*: como amoníaco, nitritos y nitratos la mayor o menor proporción de estos elementos, indica polución por materia orgánica y el grado de auto depuración alcanzado.
- *Oxígeno*: un agua que consume gran proporción de oxígeno, tiene un alto contenido de materia y aprovecha este oxígeno en la nitrificación de la materia orgánica, para formar nitratos.
- *Cloruros*: la presencia de cloruros indica posible polución por deyecciones humanas.

En la interpretación del análisis químico, en lo referente a sustancias directamente relacionadas a la salud hay que mantener un estricto control de las sustancias que son tóxicas y peligrosas para la salud de los consumidores.

Tabla N° 02: Requisitos físico químico para el agua potable.

Características	Max. deseable	Max. admisible	Observación
pH	7.5 – 8.5	6.5 – 9.2	Sabores corrosión
Color	5 unidades (*)	50 Unidades	Coloración
Turbidez	5 Unidades	25 Unidades	Posibles irritaciones gastro intestinal
Cloruros	200 ml/l	600 ml/l	Sabor
Sulfatos	200 ml/l	400 ml/l	Irritaciones gastro intestinal cuando hay magnesio
Dureza total	100 ml/l	500 ml/l	Deposito excesivo de incrustaciones
Dureza de calcio	75 ml/l	200 ml/l	Deposito excesivo de incrustaciones.
Dureza de magnesio	30ml/l (**) 150 ml/l (***)	150 ml/l	Dureza, sabor irritaciones gastro intestinal
Magnesio	0.05 ml/l	0.5 ml/l	Sabor, coloración, turbidez, depósitos en las tuberías.
Hierro	0.1 ml/l	1.0 ml/l	Proliferación de ferro bacterias.
Fluoruros	1.5 ml/l	1.5 ml/l	Fluoresis
Nitratos	10 ml/l	45 ml/l	Formación de bacterias intestinales, especialmente niños.

(*) En la escala de platino – cobalto, (**) si hay 250 ml/l de sulfato, (***) si hay de 250 ml/l de sulfato Fuente: MINSA

2.1.10. ASPECTOS DE IMPACTO AMBIENTAL

La EIA, (Evaluación de Impacto Ambiental), es un procedimiento jurídico – administrativo que tiene por objeto la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos. (MINEM, 1993).

Todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de las distintas autoridades competentes.

Siempre en toda construcción sobre el suelo, sucede una alteración del equilibrio ecológico de la zona, sobre todo en lo relacionado en la flora, es por esta razón que debe tratar de no alterar dicho equilibrio causado por la construcción de tanques de reservorio, en los sistemas de captación de agua de lluvia.

Matriz de Leopold.

Es una metodología para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que consiste en un Tabla de doble entrada – matriz en el que se disponen como filas los factores ambientales que pueden ser afectados y como columnas las acciones del proyecto que vayan a tener lugar y que serán causa de los posibles impactos. (Tebbut, 1990).

2.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.

2.2.1. Términos hidráulicos.

A continuación se presentarán los términos hidráulicos para estimar la potencia hidráulica de la bomba y extraer el agua almacenada. (Rodríguez, 2008)

- ✓ **Espejo de agua.** Superficie en reposo del agua dentro de la cisterna, pozo o noria.
- ✓ **Nivel estático.** Profundidad a la que se ve el espejo de agua en estado estacionario (cuando no hay extracción de agua). Es la distancia que hay

desde el nivel de la superficie al espejo del agua. Está representado por B y se mide en metros.

- ✓ **Nivel dinámico.** Profundidad a la que se ve el espejo de agua en el proceso de bombeo (durante la extracción). Es la distancia que hay desde el nivel de superficie al espejo de agua durante el proceso de bombeo, se mide en metros.
- ✓ **Nivel de descarga.** Altura a la que hay que llevar el agua. Distancia que hay desde la superficie hasta el borde superior del tanque de almacenamiento. Está representado por A y se mide en metros.
- ✓ **Profundidad de abatimiento.** Diferencia de distancia entre el nivel estático y el dinámico. Está representado por C, se mide en metros, m.(ver figura).

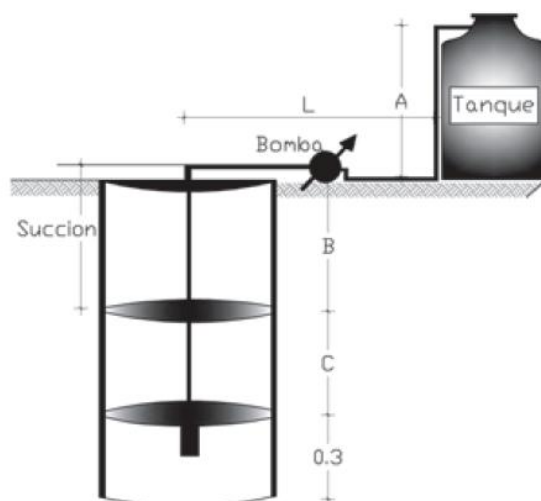


Figura 06: Diagrama de bombeo de agua almacenada – 2013.

Fuente: Manual sobre sistemas de captación y aprovechamiento de aguas de lluvia

- ✓ **Altura de fricción.** Distancia adicional que hay que agregar debido a la fuerza de fricción que oponen las paredes de la tubería, conexiones y válvulas, para el flujo de agua.
 - ✓ **Profundidad de succión.** Es la distancia que hay desde el centro de una bomba superficial al espejo de agua, se mide en metros, m.
- Los parámetros hidráulicos referidos a los términos anteriores están basados en el concepto físico asociado al trabajo que se tiene que

realizar, para un volumen de agua determinado a cierta altura, en contra de la fuerza de atracción gravitacional. En hidráulica, a la fuerza que hay que realizar para efectuar este trabajo, se le llama carga hidráulica.

- ✓ **Carga estática.** Es la distancia a la que hay que llevar el agua desde el nivel estático hasta el nivel de descarga (A+B).
- ✓ **Carga dinámica o de fricción.** Carga adicional que aparece cuando el agua se desplaza dentro de la tubería, en toda su longitud, a un gasto dado, se simboliza por CF, también se mide en metros, m. Su cuantificación depende de factores físicos como el tipo de tubería, longitud y el gasto que circula por ella.
- ✓ **Carga dinámica total.** Es la carga hidráulica total en el proceso de bombeo, se simboliza por CDT.

$$CDT = (A + B) + CF$$

- ✓ **Potencia hidráulica (PH).** Es la fuerza que debe tener la bomba para realizar dicho trabajo, en watts y está dada por la expresión:

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ watts}$$

$$PH = 9.8 Q \cdot CDT$$

Donde, 9.8 es la aceleración de la gravedad, m/s², Q el gasto o caudal, m³/s.

2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.3.1. Hipótesis General

La evaluación y diseño para captar agua de lluvia en zonas rurales garantiza una gestión del agua con calidad, para el consumo doméstico en las viviendas rurales de la comunidad campesina de Vilca Maquera - Pilcuyo.

2.3.2. Hipótesis Específicas

- La evaluación de las coberturas de las viviendas rurales para la captación y aprovechamiento de agua de lluvia garantiza un

suministro adecuado de agua que no represente ningún riesgo para la salud de los pobladores del ámbito de estudio de la comunidad campesina de Vilca Maquera – Pilcuyo.

- El diseño de un sistema de captación, almacenamiento, distribución, del agua de lluvia constituye una alternativa para abastecer agua para el consumo doméstico en las viviendas rurales de la comunidad campesina de Vilca Maquera - Pilcuyo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO:

3.1.1. UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

a) Ubicación Política:

Políticamente el área de estudio está ubicada en:

Región : Puno

Departamento : Puno

Provincia : El Collao

Distrito : Pilcuyo

Comunidad : Vilca Maquera.

Figura Nº 07: Macro localización del proyecto de investigación

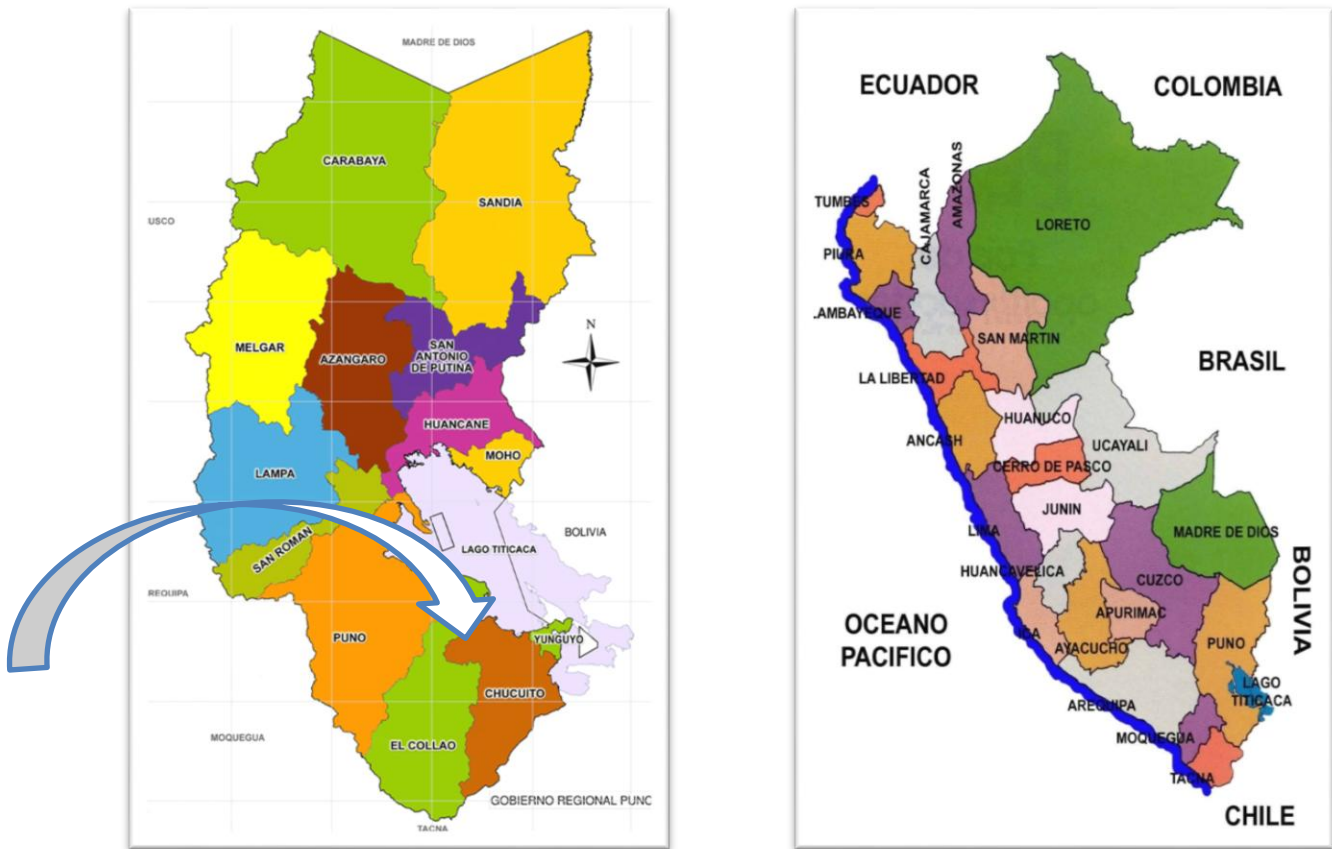


Figura Nº 08: Micro localización del Proyecto.

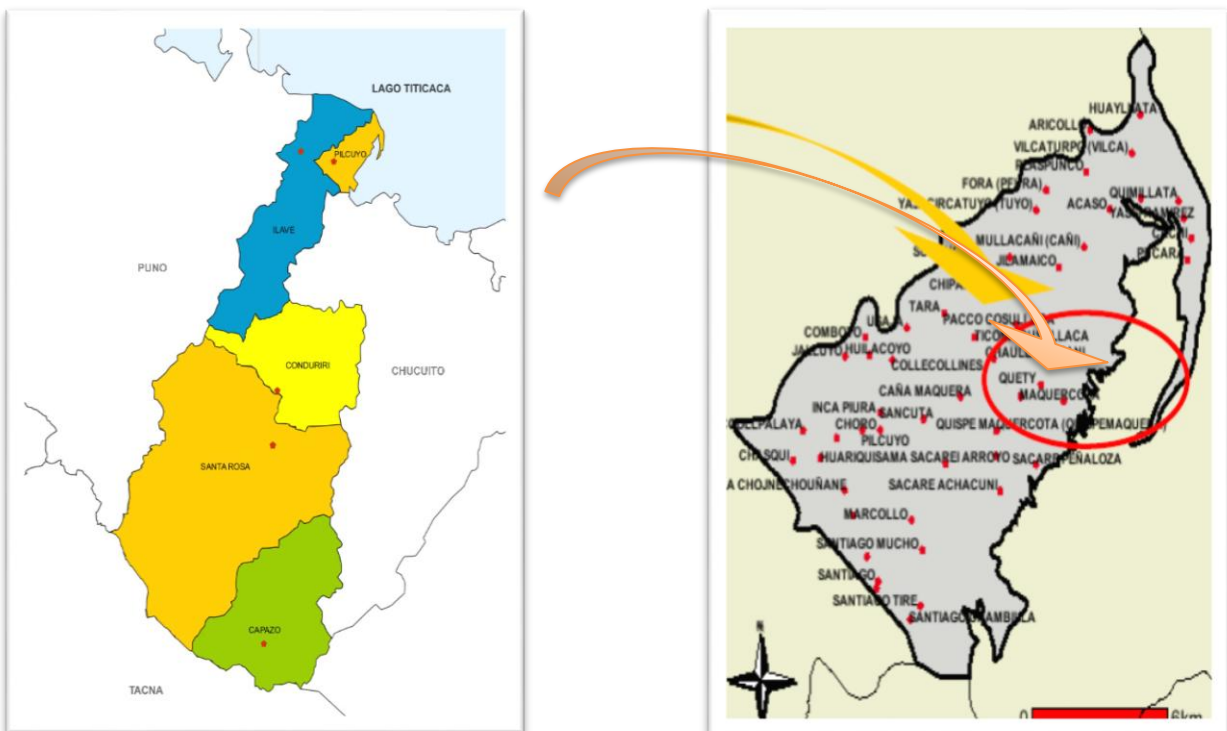
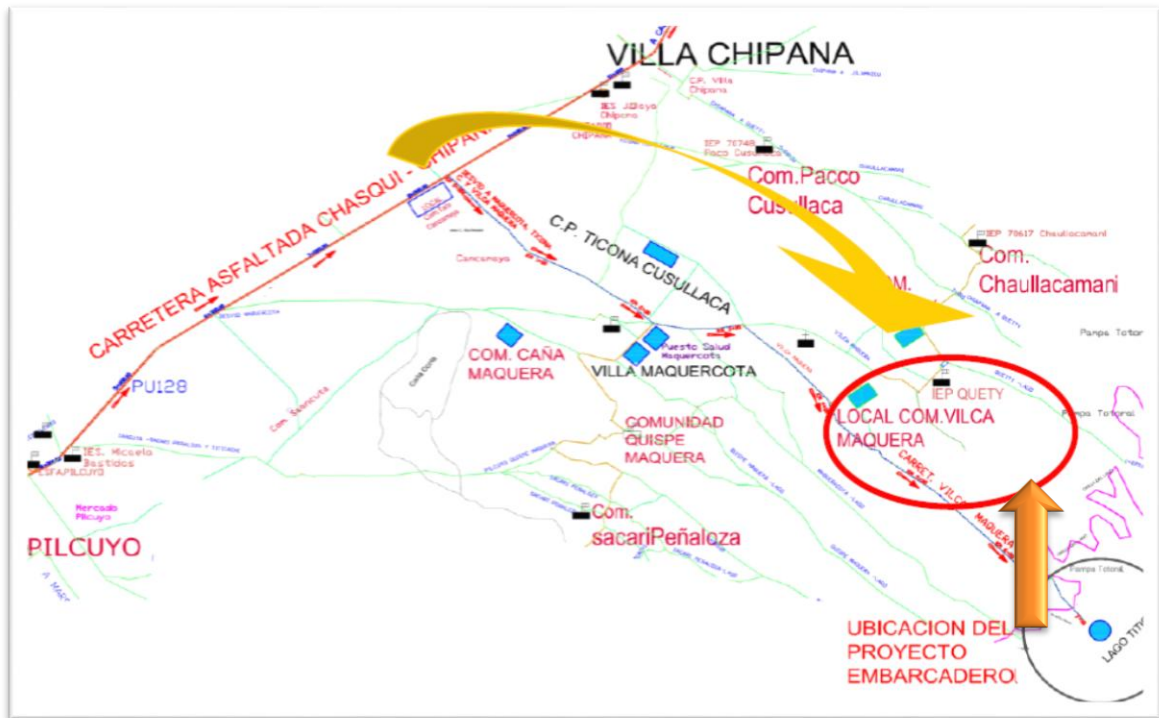


Figura Nº 09: Ubicación del Proyecto



b) Ubicación Geográfica:

Geográficamente la comunidad campesina de Vilca Maquera está ubicada en el Altiplano Puneño, en las coordenadas 16°06'17" de latitud sur y 69°32'54" de longitud oeste, a 3,836.00 m.s.n.m., el distrito de Pilcuyo tiene una superficie aproximadamente de 157.00 km² que equivale al 28% de la extensión territorial de la provincia de El Collao, ocupando el sexto lugar y está dividido en 82 comunidades campesinas y 8 centros poblados. La comunidad de Vilca Maquera se encuentra dentro de la jurisdicción del distrito de Pilcuyo, Tiene una superficie 2050m² aproximadamente.

c) Ubicación Hidrográfica:

- ❖ Vertiente : Pacífico.
- ❖ Hoya hidrográfica : Lago Titicaca.
- ❖ Cuenca : Río llave
- ❖ Sub cuenca : Río llave baja

d) Límites en el área de estudio:

- ❖ NORTE : Villa Maquercota
- ❖ SUR : Lago Titicaca
- ❖ ESTE : Comunidad campesina de Quety
- ❖ OESTE : Comunidad campesina de Quispe Maquera.

e) Vías de acceso al área de estudio.

La principal vía de acceso a la zona de estudio es por la carretera panamericana Puno Desaguadero – posteriormente por la carretera llave – Chasqui – Pilcuyo, es la única vía que existe para acceder a la zona de estudio, los cuales se ilustra en el siguiente Tabla.

Tabla N° 03: Vías de acceso a la zona de estudio.

TRAMO	DISTANCIA (Km)	TIEMPO (min)	TIPO DE VIA	VIA PRINCIPAL
Puno - llave	54	45	Asfaltada	Puno - Desaguadero
llave - Pilcuyo	10	15	Asfaltada	Puno Desaguadero chasqui - Cachipucara
Pilcuyo – Desvío a Maquercota (Tara letrero)	4,7	6	Asfaltada	chasqui - Cachipucara
Desvío a Maquercota – Com. Vilca Maquera (al proyecto)	5	15	Trocha afirmada	Camino a Maquercota

Fuente: Elaboración propia.

3.2. DIAGNÓSTICO DEL ÁMBITO DE ESTUDIO COMUNIDAD CAMPESINA DE VILCA MAQUERA – DISTRITO DE PILCUYO PROVINCIA DE EL COLLAO.

SERVICIO DE SANEAMIENTO.**a) Agua potable en el área de estudio..**

En el área de estudio solo una vivienda se abastece con agua tratada para consumo humano, 78 viviendas se abastecen de pozo, 3 viviendas consumen de la vivienda vecina, los resultados se muestran en el siguiente Tabla.

Tabla N° 04: Abastecimiento de agua potable en el área de estudio.

ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LA VIVIENDA	TIPO DE ÁREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
Pilón (agua tratada)	-	1	1
Pozo rústico	-	78	78
Pozo Vecino	-	3	3
Total	-	82	82

Fuente: Censos Nacionales XI Población y VI de Vivienda 2007.

El sector rural consume agua sin potabilizar; porque el agua lo extraendirectamente de los acuíferos, ríos y riachuelos que discurren por las comunidades, estas aguas están contaminadas y hay que mencionar que de esas mismas fuentes el ganado bebe agua. Uno de los problemas urgentes que se requiere solucionar es la falta de sistemas de agua potable para la población que no cuenta con este servicio.

b) Sistema de alcantarillado en el área de estudio.

En el área de estudio las viviendas no cuentan con el servicio de desagüe, 02 familias tiene pozo séptico y 77 viviendas cuentan con letrina con pozo ciego, 03 viviendas no tienen letrinas.

Tabla N° 05: Sistema de alcantarillado en el área de estudio.

SERVICIO HIGIÉNICO QUE TIENE LA VIVIENDA	TIPO DE ÁREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
Pozo séptico	-	2	2
Pozo ciego o negro / letrina	-	77	77
No tiene	-	3	3
Total	-	82	82

Fuente: Censos Nacionales XI Población y VI de Vivienda 2007.

El pueblo de Pilcuyo si tiene instalado el sistema de desagüe sin embargo no está operativo por falta de la culminación de algunas tuberías y la laguna de oxidación; esto hace que se prolifere la contaminación del medio ambiente, se observan excretas en las calles y alrededor de las

casas, donde aparte de dar mal aspecto son verdaderos focos infecciosos, atrayendo a las moscas y otros bichos transmisores de enfermedades y plagas.

La baja autoestima de la población y el poco interés mostrado por representantes y dirigentes comunales, instituciones y autoridades locales no ha permitido solucionar este problema que viene siendo postergado por falta de decisión de nuestras autoridades de turno.

c) Vivienda.

La construcción de las viviendas en la zona urbana del distrito de Pilcuyo es en su mayoría de tapial o adobe, el mismo que está revestido con material de concreto, siendo el techo de calamina galvanizada. En la zona de estudio 22 viviendas son de material bloqueta y 59 son de adobe o tapial, de madera 1 los resultados se muestran a continuación.

Tabla N° 06: Aspectos de las viviendas en el área de estudio.

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTE EN LAS PAREDES	TIPO DE ÁREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
Ladrillo o bloqueta de cemento	-	22	22
Adobe o tapial	-	59	59
Madera	-	1	1
Total	-	82	82
NSA:		29	

Fuente: Censos Nacionales XI Población y VI de Vivienda 2007.

En la zona de estudio 67 viviendas son de piso de tierra, y 13 viviendas tienen piso de cemento, con loseta 1, parquet o madera 1 vivienda.

Tabla N° 07: Aspectos de las viviendas en el área de estudio.

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTE EN LOS PISOS	TIPO DE ÁREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
Tierra	-	67	67
Cemento	-	13	13
Losetas, terrazos	-	1	1
Parquet o madera pulida	-	1	1
Total		82	82
NSA:		29	

Fuente: Censos Nacionales XI Población y VI de Vivienda 2007.

**ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS DE LA POBLACIÓN.
CAPITAL HUMANO.**

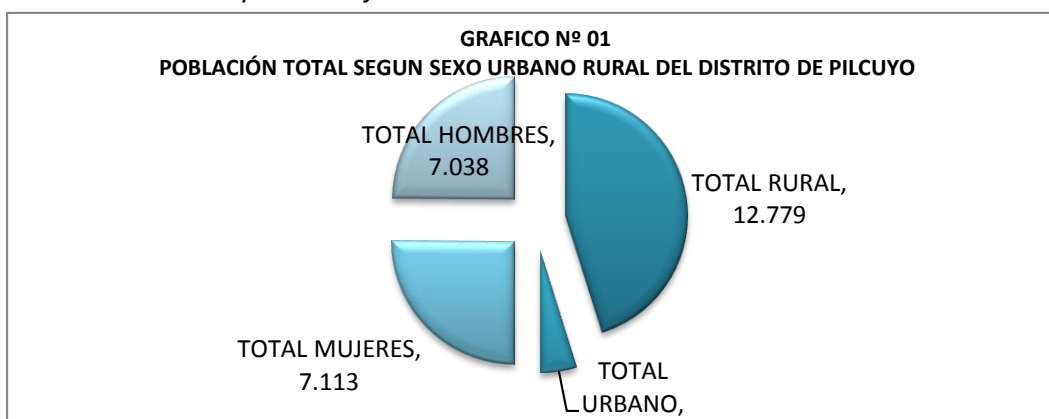
a) Población referencial.

Está constituida por la población de todo el distrito de Pilcuyo y para realizar la tasa de crecimiento Provincial inter censal es de 0.34%

Tabla Nº 08: Población total, por área urbana y rural, según sexo del dpto., provincia y distrito.

DEPARTAMENTO PROVINCIA Y DISTRITO	POBLACIÓN		URBANA		RURAL				
	TOTAL	HOMBRES	MUJERES	TOTAL	HOMBRES	MUJERES			
Dpto. Puno	1,268,441	633,332	635,109	629,89	313,663	316,228	638,6	319,669	318,881
Prov. El Collao	81,059	41,148	39,911	25,376	13,04	12,336	55,68	28,108	27,575
Distrito Pilcuyo.	14,151	7,038	7,113	1,372	684	688	12,78	6,354	6,425

Fuente: INEI. XI de población y VI de vivienda – Censos 2007.



b) Población objetivo

Está constituido por la población del área de influencia del proyecto es decir la población de la comunidad de Vilca Maquera del distrito de Pilcuyo, para realizar la estimación de la proyección se utiliza la tasa de crecimiento intercensal Provincial de 0.34%, en vista que la tasa de crecimiento a nivel distrital (Pilcuyo) resulta ser negativo (- 1.23). Por lo que no se aplica la tasa de crecimiento poblacional distrital según el Censo de Población y Vivienda del 2007. Por otro lado se estima el promedio de

personas que conforman es 5 habitantes/familia, los resultados se muestran en el Tabla siguiente.

Tabla N° 09: Población objetivo del proyecto

SEGÚN SEXO	TIPO DE ÁREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
Hombre	-	106	530
Mujer	-	103	515
Total	-	209	1045

Fuente: Censos Nacionales XI Población y VI de Vivienda 2007.

c) Población económicamente activa en el área de estudio.

La población de PEA según la información del INEI, se tiene 138 personas mayores de 14 años de edad pertenecen a la Población Económicamente Activa – PEA, y 48 habitantes pertenecen a la PEA desocupada, los resultados se muestran en el siguiente Tabla.

Tabla N° 10: Evolución de la población económicamente activa

ACTIVIDAD ECONÓMICA DE LA POBLACIÓN	TIPO DE ÁREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
PEA Ocupada	-	138	138
No PEA	-	48	48
Total	-	186	186
NSA:	23		

Fuente: Censos Nacionales XI Población y VI de Vivienda 2007.

Según la información obtenida por el Plan de desarrollo Concertado al 2021, del Gobierno Regional de Puno. El ingreso familiar per cápita mensual asciende a 231.40 nuevos soles a nivel de la provincia de El Collao.

La distribución de la población Económicamente Activa a nivel del distrito, según rama de actividad económica, se muestra en el siguiente Tabla.

Tabla N° 11: población económicamente activa por grupos de edad del distrito de Pilcuayo, según ramas de actividad.

RAMAS DE ACTIVIDAD ECONÓMICA	TOTAL	GRANDES GRUPOS DE EDAD				
		6 A 14 AÑOS	15 A 29 AÑOS	30 A 44 AÑOS	45 A 64 AÑOS	65 Y MAS AÑOS
Agric. Ganadería, caza y silvicultura	3665	47	706	855	1242	815
Pesca	112	-	36	41	34	1
Industrias manufactureras	84	-	39	23	11	11
Construcción	67	-	23	17	23	4
Comerc. rep. Veh. Autom.,efecto.pers.	305	3	102	107	82	11
Venta, mant, y rep.Veh. Automot, y motoc.	22	-	14	5	2	1
Comercio al por mayor	5	-	1	4	-	-
Comercio al por menor	278	3	87	98	80	10
Hoteles y restaurantes	15	-	2	8	5	-
Trans., almac. Y comunicaciones	61	1	18	32	9	1
Actividad inmoibil., empresa; y alquileres	12	-	9	2	1	-
Admin...pub., ydefensa; p. seguridad.socialafil	58	-	20	21	17	-
Enseñanza	154	-	23	59	69	3
Servicios sociales y de salud	25	-	8	7	10	-
Otras activ. Serv.comun.soc y personales	6	1	-	2	3	-
Hogares privados con servicio domestico	14	-	8	5	-	1
Actividad económica no especificada	159	-	33	34	46	46
Desocupado	282	1	139	70	48	24
Total	5324	56	1268	1390	1682	928

Fuente: INEI. XI de población y VI de vivienda – Censos 2007.

d) Migraciones.

En el altiplano puneño es característico el fuerte progreso migratorio de la población rural hacia los centros y pueblos de mayor desarrollo relativo, como son: Moquegua, Tacna, Arequipa, Cusco y Juliaca.

El progreso migratorio tiene su origen en la escasa tenencia y propiedad de los recursos productivos, en el uso inadecuado de la fuerza

de trabajo y la tecnología, los exiguos ingresos per cápita y la baja producción y productividad anual.

La migración es mayor en los pobladores de sector rural en el grupo de edades de 20 a 29 años, principalmente en el sexo masculino (15.2%), este indicador muestra que el campesino incentivado en futuras mejoras económicas, tiende a movilizarse a diferentes regiones y centros urbanos, originando diversas corrientes migratorias que en su mayor parte son de carácter temporal y se realizan en las épocas posteriores a los periodos de siembra y cosecha.

e) Servicios de educación en el área de estudio.

Los servicios educativos que brindan son públicos, las mismas que son facilitados por el ministerio de educación, la cobertura educativa alcanza a mayoría de los centros poblados, comunidades y parcialidades, las instituciones educativas iniciales, primarias en algunos de ellos, en caso de secundario está concentrado en la capital del distrito.

Un aspecto fundamental en el tema de educación es el analfabetismo de la población, que en datos representa 43 personas que no saben leer y escribir, y 156 personas saben leer y escribir.

Tabla N° 12: Evolución de la población económicamente activa

QUE SABE LEER Y ESCRIBIR	TIPO DE AREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
Si	-	156	156
No	-	43	43
Total	-	199	199
NSA:	10		

Fuente: Censos Nacionales XI Población y VI de Vivienda 2007.

Tabla N° 13: Población y situación de infraestructura educativa, según niveles del distrito de Pilcuyo – 2007.

NIVEL EDUCATIVO	POBLACIÓN	DOCENTES	Nº DE I.E.	SITUACIÓN DE INFRAESTRUCTURA %		
				BUENO	REGULAR	MALO
Educación inicial	232	11	8	30	55	15
Primaria	1354	91	31	34	53	13
Secundaria	1100	106	7	40	50	10
Sup. CEO	75	6	1	20	30	50
Superior ESFAP	46	9	1	20	60	30
TOTAL	2,807	223	48			

Fuente: Ministerio de Educación – Oficina de Planificación, UGEL EL COLLAO, 2008.

Del total de Instituciones Educativas del distrito de Pilcuyo, solamente el 28% se encuentran en buenas condiciones de infraestructura, el 49% en estado regular, y el 23% en mal estado; dado que varias instituciones aún no han remodelado y datan de 30 a 40 años y son de material adobe, específicamente en las zonas rurales, los mismos que requieren nueva construcción.

Según resultado, en el Distrito de Pilcuyo, el 21% de la población total es analfabeta, de los cuales el 30% corresponden a mujeres y el 12% a hombres.

Tabla N° 14: Población de 3 años a más, distrito de Pilcuyo según sexo y condición de alfabetismo.

Nivel de alfabetismo	Hombres	%	Mujeres	%	TOTAL
Sabe leer y escribir	5930	88	4813	70	10743
No sabe leer y escribir	830	12	2056	30	2886
TOTAL	6760	100	6869	100	13629

Fuente: INEI. XI de población y VI de vivienda – Censos 2007.

SOCIAL E INSTITUCIONAL

a) Organización Comunal.

La comunidad campesina de Vilca Maquera es una organización social y económica integrada por familias 209 familias que representan 1049 habitantes con una densidad poblacional de 5.00 hab/fam/vivienda, a esto los mismos que se muestra en el Tabla siguiente.

Tabla Nº 15: Número de Familias en la organización

Según sexo	TIPO DE ÁREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
Hombre	-	106	106
Mujer	-	103	103
Total	-	209	209

Fuente: INEI. XI de población y VI de vivienda – Censos 2007.

b) Organización de productores.

El proceso productivo en el ámbito del área de estudio de la comunidad campesina de Vilca Maquera, particularmente referido a la actividad agropecuaria se organiza de dos maneras; a nivel de la organización comunal (comités agropecuarios) y familia campesina:

c) Organización familiar parcelaria.

Este tipo de organización de producción es la que tiene mayor vigencia en la comunidad de Vilca Maquera del distrito de Pilcuyo. La familia campesina tiene como objetivo principal satisfacer sus necesidades de consumo, adicionalmente requiere cubrir gastos en educación, salud, vivienda, vestido, etc.

d) Energía eléctrica.

Así mismo, en el área de estudio y/o en el área rural solo 76 viviendas cuentan con el servicio de energía eléctrica, 1289 viviendas no cuentan con el servicio de energía eléctrica.

Tabla Nº 16: Servicio de energía eléctrica en el área de estudio

La vivienda tiene alumbrado eléctrico	TIPO DE ÁREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
Si	214	-	214
No	49	-	49
Total	263	-	263
NSA:	3		

Fuente: Censos Nacionales XI de población y VI de vivienda – Censos 2007.

LOS RECURSOS NATURALES**a) Suelo.**

La superficie del distrito de Pilcuyo es de 10,740.00 Has., el distrito de Pilcuyo es el segundo en ocupar las tierras de cultivo, respecto a los pastos naturales es muy reducido a comparación de otros distritos de la Provincia de El Collao teniendo Pilcuyo de superficie total de 16,030.00. El distrito de Pilcuyo tiene la máxima fragmentación: 74% de las unidades con más de 10 parcelas y una superficie promedio de 3.4 has, resultando la parcela con una superficie menor de 3000 metros cuadrados.

La parcelación es a menudo una necesidad a la vez para diversificar los cultivos y utilizar la variabilidad climática vertical, y para permitir una rotación de los cultivos, indispensable al mantenimiento de una buena calidad, en un contexto de escasez de la tierra. Tampoco el relieve del terreno permite a veces cultivar grandes parcelas.

La fragmentación de una propiedad agrícola significa también un freno para la mecanización, la gestión del riego y el mejoramiento de la rentabilidad.

Las tierras y suelos del distrito de Pilcuyo se encuentran parceladas, en donde existe una creciente parcelación de tierras por el constante crecimiento demográfico, trayendo como consecuencia la reducción de las áreas de cultivo por familias.

Tabla Nº 17: Capacidad de uso del recurso suelo en el distrito de Pilcuyo.

Provincial Distrital	Nº DE PRODUCTORES ESTIMADOS	ÁREAS AGRICOLAS				Superficie con pastos naturales	Superficie Forestal	Superficie con otras tierras	Superficie total	Altitud				
		TOTAL	Superficie con cultivos	%	Superficie en descanso									
ILAVE	16210,00	29540,00	12390,00	59	17150,00	88	43560,00	14	190,00	4	18067,00	9	91357,00	3,847
PILCUYO	8540,00	10740,00	8530,00	41	2210,00	11	5170,00	2	10,00	1	110,00	0,5	16030,00	3,836
CONDURIRI	1420,00	60,00	40,00	0,1	20,00	1	47820,00	15	710,00	12	47747,00	24	96337,00	3,950
MAZOCRUS	1650,00	0,00	0,00	0	0,00	0	171900,00	55	4390,00	82	76112,00	38	252402,00	4,026
CAPASO	405,00	0,00	0,00	0	0,00	0	44640,00	14	10,00	1	59275,00	29	103925,00	4,400
TOTAL						10								
PROVINCIA	28225,00	40340,00	20960,00	100	19380,00	0	313090,00	100	5310,00	100	201311,00	100	560051,00	

Fuente: Dirección Agraria Puno – Agencia Agraria El Collao.

b) Actividad agrícola.

Los cultivos predominantes son las variedades de papa, “dulce – amargas”, habas, quinua, trigo, cebada, avena, cañihua entre otros. Los pastos naturales son muy importantes para la crianza de ganado y son los siguientes; alfalfa, crespillo y grama salada. Además se tiene otras especies con potenciales medicinales como: mostaza, layo, entre los mas principales.

Tabla Nº 18: Producción agrícola en el distrito de Pilcuyo en t.m. y has (2002-2005)

PRODUCTOS	2002				2003				2004				2005			
	Has	%	TM	%	Has	%	TM	%	Has	%	TM	%	Has	%	TM	%
Papa dulce	469	21	2448	33	599	29	1685	46	730	25	764	36	511	19	1685	11
Papa amarga	429	19	2413	32	365	17	1260	34	260	9	29	1	182	9	360	2,4
Quinua	524	23	96	1,5	402	19	88	2	280	10	79	4	265	10	168	1,1
Cabada grano	615	27	285	4	510	24	280	8	695	24	141	8	710	27	462	3
Avena grano	83	4	40	0,5	70	3	56	2	90	3	22	1	50	2	26	0,5
Cebada forraje	48	2	816	11	60	3	105	3	690	24	864	41	720	27	9300	60
Avena forraje	80	4	1376	18	95	5	180	5	165	5	188	9	165	6	3300	22
TOTAL	2248	100	7474	100	2101	100	3654	100	2910	100	2087	100	2603	100	15301	100

Fuente: Ministerio de Agricultura y Alimentaria, Oficina de Estadística – Agencia Agraria – Ilave.

3.3. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN Y DISEÑO DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN VIVIENDAS RURALES EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE VILCA MAQUERA.

Para el aspecto técnico de la propuesta, se considera importante el siguiente procedimiento:

3.3.1. MATERIALES Y EQUIPOS.

Fue necesario el uso de materiales y equipos siguientes:

Materiales de Gabinete:

- Equipo de cómputo e impresión
- Equipo de dibujo
- Útiles de escritorio (papel bond de 80 grs. Cuadernos, lapiceros, lápices, plumones y otros.)

Equipos de Campo:

- Pluviómetro
- Termómetro
- Probeta
- Gps
- Wincha de 50m
- Libreta de campo
- Estacas de madera
- Cámara fotográfica
- Carta nacional

3.3.2. INFORMACIÓN BÁSICA.

3.3.2.1. Información Meteorológica.

La información meteorológica se tomó de las siguientes estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del río llave.

Tabla N° 19: Estación meteorológica.

CODIGO N°	ESTACIÓN/CONTROL	TIPO	ALTITUD (m.s.n.m.)	COORDENADAS		DISTRITO	PROPIEDAD
				LONGITUD	LATITUD		
120708	PUNO	CO	3,820.00	70°00'43.5"	15°49'34.5"	PUNO	SENAMHI
110879	ILAVE	CO	3,880.00	69°38'42"	16°05'17.7"	ILAVE	SENAMHI
120316	LARAQUERI	CO	3,900.00	70°03'59.7"	16°09'16.9"	LARAQUERI	SENAMHI
110880	JULI	CO	3,812.00	69°27'35.7"	16°12'13.6"	JULI	SENAMHI
158326	CAPAZO	CO	4,530.00	69°44'07.08"	17°11'15.8"	CAPAZO	SENAMHI
110878	MAZOCRUZ	CO	4,100.00	69°42'21.09"	16°44'24.4"	MAZOCRUZ	SENAMHI

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 20: Resumen de parámetros Meteorológicos de la Estación Ilave (1969-2010)

MESES	VARIABLES		
	Precipitación (mm)	Temperatura (°)	Humedad relativa (%)
ENERO	158.93	9.70	67.30
FEBRERO	132.21	9.30	38.40
MARZO	107.64	9.40	67.10
ABRIL	42.29	9.00	59.80
MAYO	9.95	7.10	49.90
JUNIO	6.40	5.40	46.40
JULIO	4.95	5.20	45.90
AGOSTO	14.83	6.30	48.30
SETIEMBRE	27.36	7.80	48.70
OCTUBRE	32.48	9.00	46.90
NOVIEMBRE	52.36	9.70	48.90
DICIEMBRE	83.86	9.90	56.50
PROMEDIO		8.15	54.51
TOTAL	673.26		

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN DE LOS TECHOS DE LAS VIVENDAS.

Se ha aplicado la técnica de estudio de campo, porque se ha realizado la observación en contacto directo con el objeto de estudio, es decir los techos de las viviendas, así como se ha efectuado el acopio del testimonio del Presidente de la comunidad respecto a la cantidad de habitantes que conforman la comunidad campesina de Vilca Maquera.

3.3.4. 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 el diseño de sistemas de 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,
- ❖ Área de captación del agua de lluvia,
- ❖ Diseño del sistema de conducción del agua captada,
- ❖ Diseño del volumen del sedimentador por trampa de sólidos,
- ❖ Diseño del sistema de almacenamiento del agua de lluvia captada,
- ❖ Diseño para el bombeo del agua almacenada
- ❖ Diseño del sistema del tratamiento y/o purificación del agua de lluvia.

3.3.4.1. Localización del sitio para establecer el sistema de captación de agua de Lluvia.

La localización del sistema se realiza considerando la recopilación de información general, medio ambiente, identificación de impactos ambientales y programas de mitigación del predio.

3.3.4.2. 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.

Tabla Nº 21: Dotación por Región

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

Fuente: Ministerio de Salud.

Tabla Nº 22: Cantidad de Agua que necesitamos.

USO	CONSUMO (lt/hab/día)
BEBIDA	5
SERVICIO DE SANEAMIENTO	20
HIGIENE	15
PREPARACIÓN DE ALIMENTOS	10
TOTAL L/HAB/DIA	50

Fuente: Ministerio de Salud 1984 Roger Agüero Pittman. (OMS).

La expresión matemática para calcular la demanda de agua es la siguiente:

$$D_j = \frac{Nu * Dot * Nd_j}{1000} \tag{Ecuación (3.1.)}$$

$$D_{anual} = \sum_{j=1}^{12} D_j \tag{Ecuación (3.2.)}$$

Donde:

D_j	=	Demanda de agua en el mes j , m ³ /mes /población.
N_u	=	Número de beneficiarios del sistema.
Dot	=	Dotación, en 1/persona/día.
N_{dj}	=	Número de días del mes.
D_{anual}	=	Demanda de agua para la población.
j	=	Número del mes ($j=1,2,3,\dots,12$)
1000	=	Factor de conversión en litros en m ³

3.3.4.3. 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 (SCALL), una vez habiendo descontado las pérdidas por factores como salpicamiento, velocidad del viento, evaporación, fricción, tamaño de la gota; considerados en un coeficiente de captación que se ha planteado del 85% (0.85) de acuerdo con la experiencia desarrollada en el CIDECALLI-CP. La eficiencia de la captación del agua de lluvia depende del coeficiente de escurrimiento de los materiales del área de captación, el cual varía de 0.1 a 0.9

Tabla N° 23: Coeficientes de escurrimiento (Ce) de los diferentes materiales en el área de captación.

TIPOS DE CAPTACIÓN	Ce
Cubiertas superficiales	
Concreto	0,6-0,8
Pavimento	0,5-0,6
Geomembrana de PVC	0,85-0,90
Azotea	
Azulejos, teja, calamina galvanizada	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 (UNATSABAR) 2003.

Fórmula para estimar la precipitación neta:

$$PN_{ijk} = P_{ijk} * \eta_{captación} \quad \text{Ecuación (3.3)}$$

Donde:

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

P_{ijk} = Precipitación Total del día i, mes j y año k, mm.

$\eta_{captación}$ = Eficiencia de captación del agua de lluvia, 0.765

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.

3.3.4.4. Consideraciones para la realización de los cálculos

La información más útil que el técnico 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 del técnico según los estudios previos y experiencias con que cuente.

En el siguiente Tabla 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, 1,000, 2,000 y 3,000 mm y áreas de captación de 1 hasta 10,000 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 l, 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 l) más la de 100 mm (100 l).

Tabla N° 24: 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	2000	3000
	Volumen captado en Litros					
1m ²	1	10	100	1000	2000	3000
10 m ²	10	100	1000	10000	20000	30000
50 m ²	50	500	5000	50000	100000	150000
100 m ²	100	1000	10000	100000	200000	300000
150 m ²	150	1500	15000	150000	300000	450000
200 m ²	200	2000	20000	200000	400000	600000
250 m ²	250	2500	25000	250000	500000	750000
300 m ²	300	3000	30000	300000	600000	900000
350 m ²	350	3500	35000	350000	700000	1050000
400 m ²	400	4000	40000	400000	800000	1200000
450 m ²	450	4500	45000	450000	900000	1350000
500 m ²	500	5000	50000	500000	1000000	1500000
550 m ²	550	5500	55000	550000	1100000	1650000
600 m ²	600	6000	60000	600000	1200000	1800000
650 m ²	650	6500	65000	650000	1300000	1950000
700 m ²	700	7000	70000	700000	1400000	2100000
750 m ²	750	7500	75000	750000	1500000	2250000
800 m ²	800	8000	80000	800000	1600000	2400000

Fuente: Elaboración propio.

3.3.4.5. Área de captación del agua de lluvia

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

$$A = a * b$$

Donde:

A = Área de captación, m²
 a = Ancho de la casa, m
 b = Largo de la casa, m

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.

$$A_{ec} = \frac{D_{anual}}{\sum_{j=1}^{12} PN_j} \quad \text{Ecuación (3.4)}$$

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

Donde:

A_{ec} = Área de captación necesaria para abastecer la demanda de agua a una familia o comunidad, en m²

D_{anual} = demanda de agua anual que necesita una población.

$\sum_{j=1}^{12} PN_{anual}$ = Suma de las precipitaciones netas medias mensuales que originan escurrimiento en mm.

3.3.4.6. Diseño del sistema de conducción del agua de lluvia captada

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

El caudal de conducción en la tubería se obtiene con la siguiente expresión:

$$Q_c = \frac{5}{18} (Aec * I lluvia) \quad \text{Ecuación (3.5.)}$$

El diámetro se determina despejando el área de la ecuación de continuidad (Sotelo, 2005).

$$D = 2 * \sqrt{\frac{Q_c}{\pi v}} \quad \text{Ecuación (3.6.)}$$

Otra opción para determinar el diámetro es considerar las pérdidas de carga con las deducciones de Swamee y Jain, 1976, para flujos en tuberías, como sigue:

$$D = 0.66 \left[e^{1.25} \left(\frac{L Q_c^2}{g h_L} \right)^{4.75} + v Q_c^{9.4} \left(\frac{L}{g h_L} \right)^{5.2} \right]^{0.04} \quad \text{Ecuación (3.7.)}$$

Con la Fórmula de Darcy - Weisbach, se obtiene la pérdida por fricción de un tubo.

$$h_L = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad \text{Ecuación (3.8.)}$$

Donde:

Q_c = Caudal de conducción, lps.

5/8 = Factor de conversión de m^3h^{-1}

Aec = Es el área efectiva de captación del agua de lluvia, m^2

I lluvia = Es la intensidad máxima de lluvia en la zona, 0.05 mh^{-1}

D = Diametro de tubería, m.

L = Longitud de tubo, m.

hL = Perdida por fricción, m.

f = Es el factor de fricción, adimensional.

g = Aceleración de la gravedad, m s^{-2}

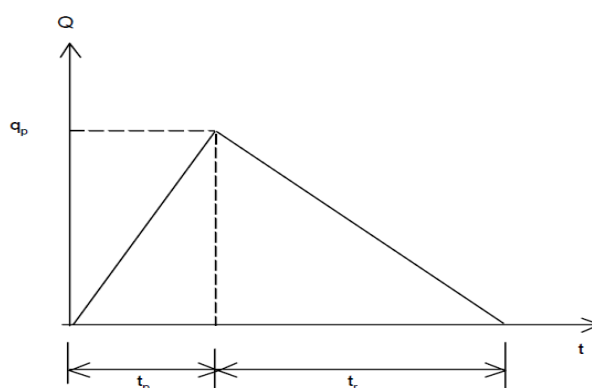
v = Velocidad media, ms^{-1}

π = 3.1416

➤ **Colección y conducción de agua de lluvia.**

Las canaletas son accesorios para coleccionar y conducir los escurrimientos pluviales a un sistema de almacenamiento, sus dimensiones están en función de la duración de la precipitación (cortas y homogéneas), tiempo de concentración del agua, la longitud del área de paso y de su pendiente.

En un área de captación el tiempo de concentración es un parámetro fundamental en el estudio hidrológico de una cuenca y áreas de escurrimiento con pendiente, está descrita por expresiones matemáticas, que basándose en características físicas del área de captación o de la cuenca proporcionan un hidrograma resultante.



Hidrograma triangular: caudal máximo (Q_p), tiempo de concentración del caudal máximo (t_b), y el tiempo en que se produce el caudal máximo (t_p).

$$t_{base} = t_p + t_0 \quad \text{Ecuación (3.9.)}$$

Donde:

t_{base} = Tiempo de concentración del hidrograma, h.

t_p = Tiempo en que produce el caudal máximo, h.

t_0 = Tiempo de concentración, min.

La secuencia para determinar el caudal máximo de una tormenta es la siguiente:

- a) **Calcular el tiempo de concentración (t_c) mediante la fórmula de Kirpich:**

$$t_c = 0.000325 \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right) \quad \text{Ecuación (3.10.)}$$

Dónde:

S = es la pendiente media, L es la longitud del área de captación en m y t_c resulta en h.

- b) **Tiempo (T_p) en que se alcanza el máximo escurrimiento en la cuenca o área de captación,** se estima mediante la expresión:

$$t_p = 0.5 D + 0.6 t_c \quad \text{Ecuación (3.11.)}$$

Dónde:

D = Duración de la precipitación efectiva, h

Cuando no se conoce la duración de la precipitación máxima diaria se utiliza la ecuación:

$$t_p = 2\sqrt{t_c} + 0.6 t_c \quad \text{Ecuación (3.12.)}$$

- c) **Tiempo de concentración del caudal máximo (t_b).** Se calcula para drenar todos los escurrimientos superficiales del área de captación impermeable, se estima con la siguiente ecuación:

$$t_b = 2.67 t_p \quad \text{Ecuación (3.13.)}$$

- d) **El gasto máximo (Q_p).** El gasto esperado con la precipitación neta en el área de escurrimiento se estima con la expresión:

$$Q_p = \frac{0.278 \cdot P \cdot A}{t_p} \quad \text{Ecuación (3.14.)}$$

Dónde:

P = precipitación efectiva, mm

A = área de captación o de la cuenca, km²

0.278 = factor de conversión a m³S⁻¹

- e) **Estimación del área de la canaleta.**

El flujo en canaletas de captación y conducción se comporta como un flujo espacialmente variado, ya que el agua se va recolectando a lo largo de la canaleta, para determinar el área necesaria de conducción se utiliza la ecuación de continuidad, en la cual solo se despeja el área y se asumen velocidades promedio de 0.9 m s⁻¹ en pendientes 2 a 4% y 1.2 m s⁻¹ en pendientes 4 a 6%.

$$Q_P = AV$$

$$A = \frac{Q_P}{V} \quad \text{Ecuación (3.15.)}$$

Dónde:

Q_P = flujo en la canaleta, m³s⁻¹

V = velocidad del flujo en la canaleta, m s⁻¹(la velocidad en canaletas con pendiente de 4 a 6% es de 1.2 m s⁻¹)

A = área de la sección transversal, m²

En el Tabla siguiente se muestran las expresiones para determinar las dimensiones de algunas secciones usadas como canaletas.

Tabla N° 25: Altura, área hidráulica, Perímetro mojado y Radio hidráulico en secciones para coleccionar el agua de lluvia.

Forma	Altura tirante	Área Hidráulica	Perímetro mojado	Radio Hidráulico	Observaciones
Circular	0,5D	1,57 r ²	3,14 r	0,500r	D = diámetro r = radio
Rectangular	Y	bt	B+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b = base y = tirante
Triangulo 90°	Y	y ²	2,83y	$\frac{y}{2.83}$	y = tirante
Trapezoidal talud 60° con la horizontal				$y = \left(\frac{b+y/\sqrt{3}}{b+4y/\sqrt{3}} \right)$	b = ancho y = tirante

Fuente: Manual de Construcción de Reservorios de Agua de Lluvia.

3.3.4.7. Diseño del volumen del sedimentador o trampa de sólidos

La sedimentación es un proceso físico que consiste en la separación, por la acción de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua. Las variables de diseño de la trampa son el área efectiva de captación del agua de lluvia y la intensidad máxima de precipitación registrada considerando un valor de 50-100 mm/h, Anaya, 2005.

$$V_{\text{sedimentador}} = Aec * Ip \tag{Ecuación (3.16.)}$$

Dónde:

V_{sedimentador} = volumen del sedimentador, m³ hora⁻¹

Aec= área efectiva de captación del agua de lluvia, m²

Ip= intensidad de precipitación, m hora⁻¹

Cálculo de la intensidad de la precipitación.

La intensidad de la precipitación (Ip) para una tormenta es la relación, de la lámina de precipitación entre el tiempo de duración de la tormenta, es decir la pendiente de las gráficas producidas por el pluviógrafo.

La intensidad de lluvia máxima será la mayor pendiente observada para una tormenta según la ecuación siguiente.

$$I_p = \frac{P_r}{t} \quad \text{Ecuación (4.17.)}$$

Dónde:

P_r = la precipitación máxima registrada, mm h⁻¹

T = tiempo de duración de la tormenta, h

3.3.4.8. Diseño del sistema de almacenamiento del agua de lluvia captada

El almacenamiento del agua de lluvia consiste en depositarla dentro de cisternas, para abastecer a una población considerada durante los meses de sequía y los de no sequía. Los materiales de construcción de la cisterna son de concreto, tabique o revestimiento con geomembrana, ésta resulta más económica, impermeable y proporciona agua segura para uso doméstico y consumo humano.

La pendiente de los taludes de la cisterna depende de las características de cohesión de los suelos y de los ángulos de reposo del mismo (Sánchez, 2005).

El criterio para el diseño del volumen de la cisterna consiste en considerar la demanda de agua mensual que necesita una población durante los meses de sequía más dos meses (coeficiente de seguridad) de acuerdo al centro internacional de demostración y captación en aprovechamiento del agua de lluvia, con el objeto de asegurar el abastecimiento de agua a la población.

$$V_{cisterna} = D_j * M_{sequia+2} \quad \text{Ecuación (3.18.)}$$

Dónde:

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

D_j = demanda mensual, m³ mes⁻¹

$M_{sequia+2}$ = meses con sequia más 2.

a. Análisis de estabilidad de taludes del sistema de almacenamiento y del sedimentador.

Una vez determinadas las dimensiones del sistema de almacenamiento del agua captada y del sedimentador, se realiza un análisis de estabilidad de taludes o paredes, los cuales están en función del valor de los coeficientes del volteamiento y deslizamiento; para calcularlos se considera el peso volumétrico del terreno natural, la presión del líquido sobre la superficie plana, centros de presión y momentos segundos para una superficie plana.

3.3.4.9. Bombeo del agua de lluvia almacenada

Consiste en extraer el agua almacenada y captada en los meses con precipitación pluvial mediante un sifón o un equipo de bombeo. Los componentes son: pichancha, línea de conducción, motobomba y un tanque de almacenamiento previo al tren de tratamiento de purificación.

- ✓ **Profundidad de succión.** Es la distancia que hay desde el centro de una bomba superficial al espejo de agua, se mide en metros, m.
Los parámetros hidráulicos referidos a los términos anteriores están basados en el concepto físico asociado al trabajo que se tiene que realizar, para un volumen de agua determinado a cierta altura, en contra de la fuerza de atracción gravitacional. En hidráulica, a la fuerza que hay que realizar para efectuar este trabajo, se le llama carga hidráulica.
- ✓ **Carga estática.** Es la distancia a la que hay que llevar el agua desde el nivel estático hasta el nivel de descarga (A+B).
- ✓ **Carga dinámica o de fricción.** Carga adicional que aparece cuando el agua se desplaza dentro de la tubería, en toda su longitud, a un gasto dado, se simboliza por CF, también se mide en metros, m. Su cuantificación depende de factores físicos como el tipo de tubería, longitud y el gasto que circula por ella.
- ✓ **Carga dinámica total.** Es la carga hidráulica total en el proceso de bombeo, se simboliza por CDT.

$$CDT = (A + B) + CF \quad \text{Ecuación (3.19.)}$$

- ✓ **Potencia hidráulica (PH).** Es la fuerza que debe tener la bomba para realizar dicho trabajo, en watts y está dada por la expresión:

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ watts}$$

$$PH = 9.8 Q \cdot CDT \quad \text{Ecuación (3.20.)}$$

Donde, 9.8 es la aceleración de la gravedad, m s^{-2} ; Q el gasto o caudal, $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$

3.3.4.10. Evaluación de la calidad de agua de lluvia

La evaluación consiste en comparar la calidad del agua de lluvia captada en el techo de calamina de una casa de la comunidad de Vilca Maquera, con respecto a los límites máximos permisibles señalados en la Norma OMS – Ministerio de Salud (1972), para ello se requirió de un muestreo y análisis de los resultados, el muestreo obedece a los factores técnicos y de operación, como la disponibilidad del sitio, los problemas de transportación y la representatividad de los resultados, con ello se propondrá el uso y tratamiento del agua de lluvia para cumplir con la norma vigente, los parámetros se muestran en el Tabla.

Tabla N° 26: Parámetros, límites máximos permisibles de la calidad de agua.

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	Nivel Máximo Admisible	Métodos de ensayo.
Turbiedad	UNT	5	Nefelométrico
Temperatura	°C	--	Termómetro
pH	Valor de pH	6.5 a 8.5	Potenciométrico
Conductividad (25°)	$\mu\text{mho/cm}$	1 500	Potenciométrico
Sólidos Disueltos Totales	mg/L^{-1}	1 000	potenciométrico
Sólidos suspendidos	mg/L^{-1}	--	
Dureza Total	$\text{mg/L CaCO}_3\text{L}^{-1}$	500	APHA-AWWA
Cloruros	$\text{mg Cl}^{-1}\text{L}^{-1}$	250	APHA-AWWA
Sulfatos	$\text{mg SO}_4=\text{L}^{-1}$	250	APHA-AWWA

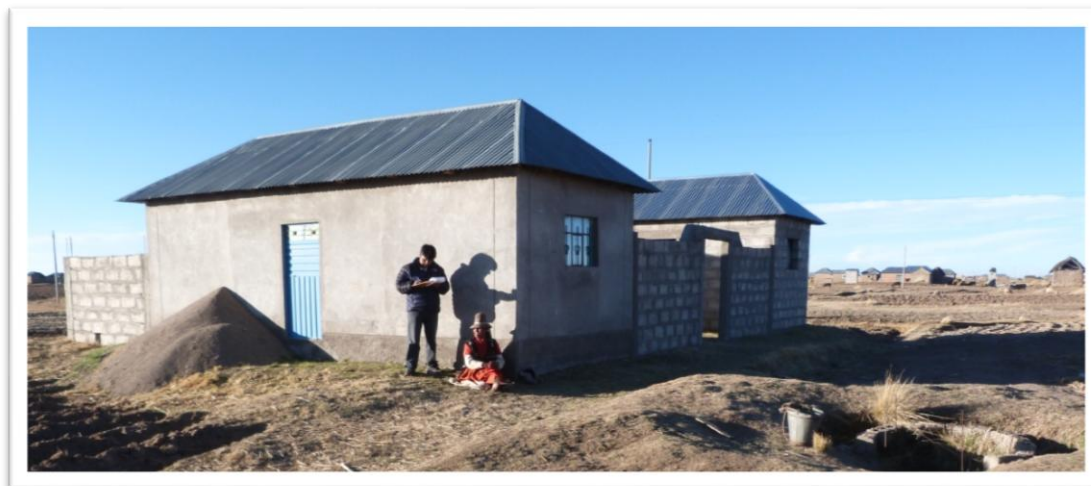
Fuente: OMS – MINSA Reglamento de la calidad del agua para consumo humano.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS TECHOS DE LAS VIVIENDAS RURALES PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA CON FINES DE CONSUMO DOMÉSTICO, EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE VILCA MAQUERA.

4.1.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS TECHOS DE LAS VIVIENDAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO DE LA COMUNIDAD VILCA MAQUERA DEL DISTRITO DE PILCUYO.

Para el aspecto técnico de la propuesta de captación de agua de lluvia para consumo humano, se ha considerado el estudio del área de los techos que conforman las viviendas de la Comunidad de Vilca Maquera. Para ello fue necesario realizar un diagnóstico del ámbito de estudio y producto de este trabajo se ha encontrado que, el área de los techos de la zona de estudio es de material de calamina galvanizada, la ventaja que proporciona este material es que presenta una superficie lisa de fácil escurrimiento y efecto esterilizante debido al calentamiento del metal producido por el sol.



*Figura 10: Evaluando el techo de una vivienda en la comunidad de Vilca Maquera - 2013
Fuente: Elaboración Propia.*

Actualmente las viviendas, en su mayoría están conformadas por tres habitaciones construidas con material noble, con techos de lámina galvanizada, lo que hace un promedio en cuanto al área de recolección aproximada de 100 m². Cabe mencionar que los techos de las viviendas no presentan óxido en los techos las cuales garantizan la captación del agua de

buena calidad, asimismo estos techos tienen una pendiente que facilita el escurrimiento del agua.

Tabla Nº 27: Vivienda familiar y área total de techos construidos con lámina galvanizada

Nº VIVIENDA	JEFE DE FAMILIA	CARGA FAMILIAR	Nº DE HABITACIONES	ÁREA TOTAL DE HABITACIONES M ²	DIMENSIONES DE HABITACIONES
1	Norma CABRERA ARO	3	3	104	5X8 5X8 4X6
2	Mariano QUISPE MAQUERA	5	3	115	5X9 5X9 5X5
3	Yolanda MAQUERA MAQUERA	2	3	88	4X8 4X8 4X6
4	Antonio QUISPE TICONA	4	2	52	5X8 2X6
5	Anacleto CATACHURA QUISPE	2	4	142	5X8 5X8 4X5 6X8

Fuente: Elaboración propio.

La vivienda de la Señora Norma Cabrera Aro, está conformado de un dormitorio principal, un dormitorio secundario, cocina y sala multiusos. Los mismos que tienen las siguientes características: Los muros de las viviendas están construidas de bloqueta de 20 cm de grosor; el techo es de lámina galvanizada, de dos aguas. Considerando tres habitaciones se determinó un área de 104 m², lo que está distribuido en un dormitorio principal, dormitorio secundario cocina y sala multiusos. Las viviendas en la zona de estudio en su gran mayoría no cuentan con canaletas para la colección de agua de lluvia.



*Figura 11: Vivienda sin canaleta para la colección del agua de lluvia – 2013.
Fuente: Elaboración Propio*

Se consideró conveniente utilizar los techos de las viviendas con el objeto de fomentar una cultura de aprovechamiento del recurso hídrico a través

de la captación y el aprovechamiento eficiente del agua de lluvia para el consumo doméstico, que contribuya al desarrollo rural sustentable en las comunidades de las zonas marginales.

La vivienda donde se instaló las canaletas tiene 64 metros lineales cada habitación, construidos con lámina galvanizada, calibre 26 unidas cada 3.05m con remaches y silicón de alta resistencia. La canaleta tiene una base de 10 cm, y una altura de 12 cm. El soporte para las canaletas de bajo de las orillas de los techos se realizó con una solera de acero de 1 * 1/8 de pulgada a cada metro de distancia. El sistema de conducción de agua pluvial tiene una altura promedio de 2.70 en material de PVC sanitario.

4.1.2. RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO TÉCNICO DE AGUA POTABLE EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN LA COMUNIDAD DE VILCA MAQUERA.

Actualmente la comunidad de Vilca Maquera no cuenta con el abastecimiento de agua potable, la forma como se realiza el abastecimiento de agua para consumo humano es a través de los pozos rústicos los que no cuentan con un tratamiento adecuado.



*Figura 12: Medición del área y la profundidad del pozo rústico – 2013.
Fuente: Elaboración Propio*

Tabla N° 28: Jefes de familia encuestados que consumen agua de los pozos rústicos

Nº POZO	BENEFICIARIO	FORMA DEL POZO	PROFUNDIDAD DEL POZO	NIVEL ESTÁTICO	VOLUMEN APROXIMADO M³
1	María MAQUERA QUISPE	CIRCULAR	2,8	1,3	2,5
2	Francisco TICONA VILCA	CIRCULAR	3,6	2	3,1
3	Juan TICONA TICONA	CIRCULAR	2,7	1,2	2,3
4	María MARCA HUANACUNI	CIRCULAR	3	1,4	2,7
5	Antonio CATACHURA VILCA	CIRCULAR	2,5	1,2	2,6

Fuente: *Elaboración propio.*

Los pobladores de la comunidad campesina de Vilca Maquera no cuenta con el servicio de desagüe, del total de viviendas encuestadas solo 02 familias tienen pozo séptico y 77 viviendas cuentan con letrina o pozo ciego, 03 viviendas no tienen servicio higiénico. Esto hace que se prolifere la contaminación del medio ambiente, afectando el desarrollo biológico e intelectual de la población, especialmente de los niños.

Asimismo a través de la encuesta aplicado en la comunidad campesina de Vilca Maquera en el mes de Mayo del 2013 se ha determinado que en 31 viviendas se consume agua en un promedio de 42 litros/persona/día, lo que demuestra que en la sierra del Perú el promedio según el Ministerio de Salud y la Organización Mundial de la Salud es de 50 Litros/persona/día en zonas rurales, la mayoría de los hogares rurales obtienen al agua de diversas fuentes. Entre ellas destacan significativamente las fuentes no tratadas (pozos rústicos).

Tabla Nº 29: Familias encuestadas que consumen agua por Lit/pers/día - 2013

POBLADORES DE LA COMUNIDAD E VILCA MAQUERA 2013												
	POBLADORES	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	APAZA TICONA JAVIER	2	3	80	78	X	X		3	18	10	8
2	ARO CHINO ANDRÉS	5	3	113	250	X	X		5	20	15	10
3	ARO CHINO FRANCISCO	1	4	48	43	X		X	6	12	15	10
4	CABRERA ARO NORMA	2	3	104	90	X	X		5	20	10	10
5	CATACHURA ARO AGUSTÍN	5	3	128	180	X	X		3	15	10	8
6	CATACHURA CHATA AMADEO	2	4	48	76	X	X		8	10	10	10
7	CATACHURA CHATA FÉLIX	3	3	90	111	X		X	4	15	10	8
8	CATACHURA CHINO ANDRÉS	2	4	64	76	X	X		5	18	10	5
9	CATACHURA CHINO ELOY	2	3	96	86	X	X		3	20	15	5
10	CATACHURA CHINO JAVIER	3	3	96	126	X		X	6	20	6	10
11	CATACHURA CHINO JOSÉ	4	3	128	160	X	X		5	20	10	5
12	CATACHURA QUISPE ANACLETO	2	4	142	76	X	X		3	15	10	10
13	CATACHURA VILCA ANTONIO	5	3	120	190	X	X		5	15	8	10
14	CATACHURA VILCA ERMELEJINDO	2	3	96	82	X	X		6	20	10	5
15	CATACHURA VILCA HERMELINDA	1	3	48	42	X	X		4	20	10	8
16	CONCEPCIÓN CATACHURA MARIANO	4	4	96	176	X		X	4	25	10	5
17	CCALLI CHINO JORGE	4	4	96	164	X	X		3	20	8	10
18	CHINO VILCA ANTONIO	4	3	128	164	X		X	5	20	8	8
19	CHINO VILCA CEFERINO	2	4	64	84	X	X		4	20	10	8
20	CONDORI MAMANI RAÚL	4	3	96	152	X		X	4	25	5	4
21	CRUZ VILCA JAIME	4	3	128	168	X		X	6	20	8	8
22	HERRERA CHINO JUAN	3	3	96	129	X	X		5	20	10	8
23	MAMANI CONDORI ALFREDO	3	4	96	147	X	X		4	25	10	10
24	MAQUERA MAQUERA YOLANDA	2	3	88	100	X	X		5	20	15	10
25	MAQUERA QUISPE MARÍA	3	3	96	129	X	X		5	20	10	8
26	MARCA HUANACUNI MARÍA	2	3	96	82	X	X		3	20	10	8
27	NIETO MAQUERA MIRIAN	4	5	128	164	X	X		3	20	10	8
28	PACOHUANCA CHATA JOSÉ	3	3	120	117	X		X	4	25	5	5
29	QUISPE MAQUERA MARIANO	3	3	115	144	X	X		5	15	20	8
30	RAMIREZ CCALLI JORGE	4	3	120	152	X	X		3	20	10	5
31	TICONA TICONA JUAN	4	2	128	192	X		X	5	20	15	8

- A Carga familiar
- B Número de habitaciones
- C Área de techo en m²
- D Consumo de agua en lts/persona/día
- E Viviendas con techos de calamina galvanizada
- F Material noble con el que está construido la vivienda
- G Material de adobe con el que está construido la vivienda
- H Litros de agua para la bebida diaria por persona
- I Litros de agua para el saneamiento (lavado de ropa otros)
- J Litros de agua para la higiene
- K Litros de agua para la preparación de alimentos

Fuente: Elaboración propio.

4.1.3. RESULTADOS DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA USO DOMESTICO A NIVEL FAMILIAR EN VIVIENDAS RURALES DE LA COMUNIDAD VILCA MAQUERA DEL DISTRITO DE PILCUYO.

Los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia para el consumo humano se constituye como un medio muy importante para combatir la contaminación y escases de agua en medios rurales, tal es la comunidad de Vilca Maquera. La captación de agua de lluvia de los techos de los domicilios, proporciona ventajas como: agua de buena calidad para los habitantes que utilizan el sistema, al mismo tiempo eleva su calidad de vida al no tener que sufrir por abastecerse del recurso, recorriendo grandes distancias para conseguir agua para beber y hacer sus labores domésticas. La higiene personal mejora, disminuyendo el número de enfermedades relacionadas por la falta de agua de buena calidad. En la implementación del sistema de captación de agua de lluvia no se requiere mayor inversión económica por ser de fácil aplicación, el empleo de mano de obra, los materiales existentes en la zona disminuyen los costos de construcción, el consumo de energía es escaso o nulo a excepción del sistema de distribución utilizado.

- Se plantea la propuesta de efectuar los sistemas de captación de agua de lluvia en las 82 viviendas construidos por techos apropiados de calamina galvanizada considerando que esta propuesta es de vital importancia para una adecuada gestión del recurso hídrico carente en épocas de estiaje; para mejorar la calidad de vida del poblador rural.



*Figura 13: Vivienda con techo de calamina galvanizada - 2013.
Fuente: Elaboración propia*

4.1.4. ASPECTOS TÉCNICOS DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA PARA USO DOMÉSTICO Y CONSUMO HUMANO A NIVEL FAMILIAR.

Se hizo el diseño de los componentes del sistema de captación de agua de lluvia en la comunidad campesina de Vilca Maquera, el cual integra: sistemas decaptación, conducción, filtrado, almacenamiento y disposición para abastecer de agua potable a unafamilia de 4 personas con un consumo per capita de 50litros / habitante /día considerando para poblaciones de sierra (según el Ministerio de Salud – 1984) citado por Roger Agüero Pittman “Agua Potable para poblaciones rurales – 1997”.

A. Localización del sitio para establecer el sistema de captación de agua de lluvia.

El primer paso fue determinar el lugar de instalación del sistema de captación de agua de lluvia.

Ubicación

Longitud Oeste	N 69° 29´ 23.23”
Latitud	E 16° 05´ 52.48”
Altura	3816 msnm

B. Determinación de la demanda de agua de la familia.

El proyecto se realizó en la comunidad de Vilca Maquera del Distrito de Pilcuyo Provincia del El Collao- llave del Departamento de Puno, 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, 50litros / habitante /día considerando para poblaciones de sierra.

Se consideró una familia de 4 habitantes para la determinación de la demanda de agua por cada mes.

$$\text{Mes de enero} \quad :D_j = \frac{4 \cdot 31 \cdot 50}{1000} = 6.20 m^3 / mes$$

$$\text{Mes de febrero} \quad :D_j = \frac{4 \cdot 28 \cdot 50}{1000} = 5.6 m^3 / mes$$

$$\text{Mes de marzo} \quad :D_j = \frac{4 \cdot 31 \cdot 50}{1000} = 6.20 m^3 / mes$$

$$\text{Mes de abril} \quad :D_j = \frac{4 \cdot 30 \cdot 50}{1000} = 6.00 m^3 / mes$$

$$\text{Mes de mayo} \quad :D_j = \frac{4 \cdot 31 \cdot 50}{1000} = 6.20 m^3 / mes$$

$$\text{Mes de junio} \quad :D_j = \frac{4 \cdot 30 \cdot 50}{1000} = 6.00 m^3 / mes$$

$$\text{Mes de julio} \quad :D_j = \frac{4 \cdot 31 \cdot 50}{1000} = 6.20 m^3 / mes$$

$$\text{Mes de agosto} \quad :D_j = \frac{4 \cdot 31 \cdot 50}{1000} = 6.20 m^3 / mes$$

$$\text{Mes de setiembre} \quad :D_j = \frac{4 \cdot 30 \cdot 50}{1000} = 6.00 m^3 / mes$$

$$\text{Mes de octubre} \quad :D_j = \frac{4 \cdot 31 \cdot 50}{1000} = 6.20 m^3 / mes$$

$$\text{Mes de noviembre} \quad :D_j = \frac{4 \cdot 30 \cdot 50}{1000} = 6.00 m^3 / mes$$

$$\text{Mes de diciembre} \quad :D_j = \frac{4 \cdot 31 \cdot 50}{1000} = 6.20 m^3 / mes$$

$$D_{anual} = \sum_{j=1}^{12} D_j = 73.00 m^3 / año / familia$$

TABLA N° 30: DEMANDA DEL AGUA MENSUALIZADA PARA 1 PERSONA

VOLUMEN MENSUALIZADO POR PERSONA AL AÑO (m ³)													
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Nº DE DIAS	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
VOLUMEN (m ³)	1,55	1,4	1,55	1,5	1,55	1,5	1,55	1,55	1,5	1,55	1,5	1,55	18,25
VOLUMEN TOTAL DE AGUA REQUERIDA EN UN AÑO (m ³)													18,25

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

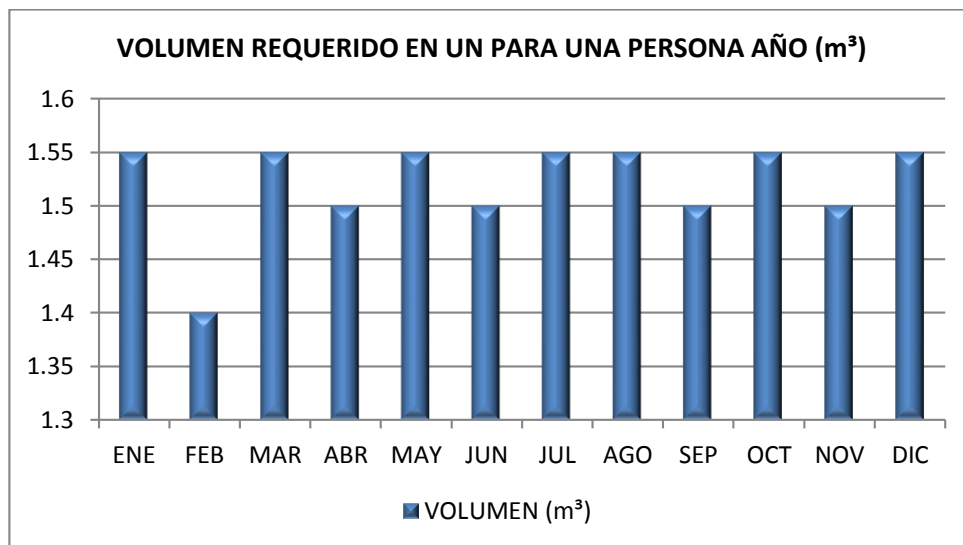
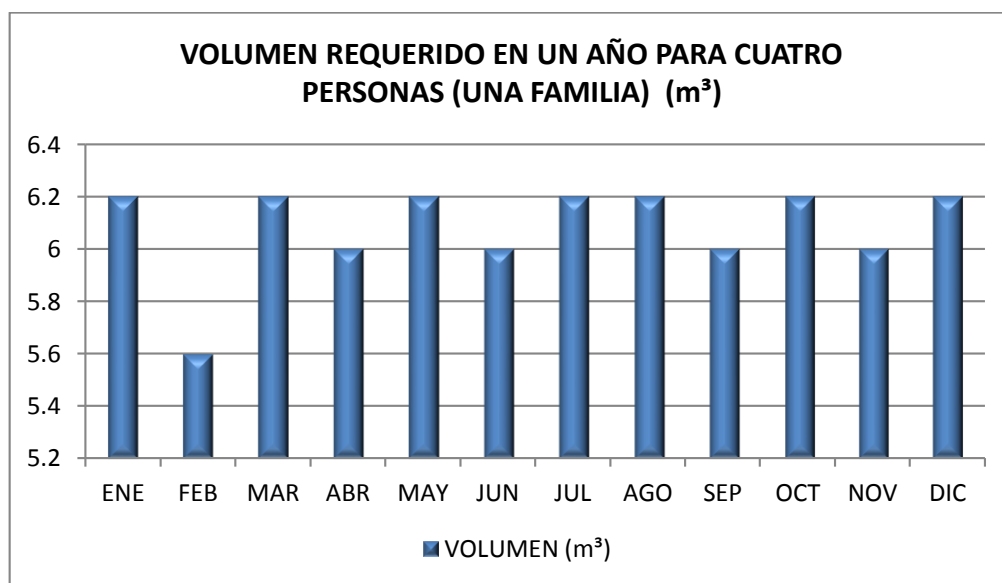


TABLA Nº 31: DEMANDA DEL AGUA MENSUALIZADA PARA 4 PERSONAS

VOLUMEN MENSUALIZADO (m ³)													
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Nº DE DIAS	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
VOLUMEN (m ³)	6,20	5,60	6,20	6,00	6,20	6,00	6,20	6,20	6,00	6,20	6,00	6,20	73,00
VOLUMEN TOTAL DE AGUA REQUERIDA EN UN AÑO (m ³)													73,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



C. Cálculo de la oferta de precipitación pluvial.

- Cálculo de oferta de precipitación pluvial mensual

La precipitación que se toma en cuenta para calcular la precipitación pluvial neta es la mensual promedio de los últimos años con registro, en este caso los meses con lluvia van de Diciembre a Marzo con 901.8. mm.

TABLA N° 32: OFERTA DE PRECIPITACIÓN DEL AGUA MENSUALIZADA

MESES	PRECIPITACIONES			PRESIPITACIÓN MENSUAL m ³
	Precipitación 1960-2010 (mm)	Precipitación 2012-2013 (mm)	AREA DE TECHO m ²	
ENERO	158.93	233,6	120	28,032
FEBRERO	132.21	177,44	120	21,2928
MARZO	107.64	90,4	120	10,848
ABRIL	42.29			
MAYO	9.95			
JUNIO	6.40			
JULIO	4.95			
AGOSTO	14.83			
SETIEMBRE	27.36			
OCTUBRE	32.48			
NOVIEMBRE	52.36			
DICIEMBRE	83.86	220	120	26,4
PROMEDIO				
TOTAL	673.26	721,44		86,57

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA N° 33: PRECIPITACIÓN DEL MES DE DICIEMBRE 2012 EN (mm)

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL DICIEMBRE 2012				
LUGAR DE ESTUDIO		COM. VILCA MAQUERA		
PERIODO DE ESTUDIO		DICIEMBRE 2012 - MARZO 2013		
PRECIPITACION OFERTADA MES DE DICIEMBRE 2012				
FECHA	DIA	PRECIPITACIÓN (mm)		ACUMULADO POR DIA (mm)
		06:00 hrs	18:00 hrs	
01/12/2012	SABADO	10	1	11
02/12/2012	DOMINGO	14		14
03/12/2012	LUNES	12	2,5	14,5
04/12/2012	MARTES	8		8
05/12/2012	MIÉRCOLES	9,4		9,4
06/12/2012	JUEVES	2	2	4
07/12/2012	VIERNES	8,5		8,5
08/12/2012	SÁBADO	1		1
09/12/2012	DOMINGO	0,5		0,5
10/12/2012	LUNES	0,4		0,4
11/12/2012	MARTES	4	6	10
12/12/2012	MIÉRCOLES	0,2		0,2
13/12/2012	JUEVES	23	3	26
14/12/2012	VIERNES	18	15	33
15/12/2012	SÁBADO	8,5	3	11,5
16/12/2012	DOMINGO	6,2	3,5	9,7
17/12/2012	LUNES	8		8
18/12/2012	MARTES	16		16
19/12/2012	MIÉRCOLES	8	5	13
20/12/2012	JUEVES	4	10	14
21/12/2012	VIERNES	6		6
22/12/2012	SÁBADO	5,8		5,8
23/12/2012	DOMINGO			0
24/12/2012	LUNES	2		2
25/12/2012	MARTES	1	3	4
26/12/2012	MIÉRCOLES	10		10
27/12/2012	JUEVES	9	2,8	11,8
28/12/2012	VIERNES	2	3	5
29/12/2012	SÁBADO	0,5	5	5,5
30/12/2012	DOMINGO	10	0,5	10,5
31/12/2012	LUNES	0,5	2	2,5
TOTAL (mm)		208,5	67,3	275,8

Fuente: *Elaboración Propia.*

TABLA N° 34: PRECIPITACIÓN DEL MES DE ENERO 2013 EN (mm)

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL ENERO 2013				
LUGAR DE ESTUDIO		COM. VILCA MAQUERA		
PERIODO DE ESTUDIO		DICIEMBRE 2012 - MARZO 2013		
PRECIPITACIÓN OFERTADA MES DE ENERO 2013				
FECHA	DÍA	PRECIPITACIÓN (mm)		ACUMULADO POR DÍA
		06:00 hrs	18:00 hrs	
01/01/2013	MARTES	12	5	17
02/01/2013	MIÉRCOLES	15	5	20
03/01/2013	JUEVES	10	2,5	12,5
04/01/2013	VIERNES	5		5
05/01/2013	SÁBADO	8	3	11
06/01/2013	DOMINGO	9		9
07/01/2013	LUNES	5	2	7
08/01/2013	MARTES	5,5	3,5	9
09/01/2013	MIÉRCOLES	5	3,5	8,5
10/01/2013	JUEVES	3,5	4	7,5
11/01/2013	VIERNES	4		4
12/01/2013	SÁBADO	6	4	10
13/01/2013	DOMINGO		3	3
14/01/2013	LUNES	6		6
15/01/2013	MARTES	1,5	4	5,5
16/12/2012	MIÉRCOLES	3		3
17/12/2012	JUEVES	3,5	4	7,5
18/12/2012	VIERNES	5		5
19/12/2012	SÁBADO	6	1	7
20/12/2012	DOMINGO		2,5	2,5
21/12/2012	LUNES	2	5,5	7,5
22/12/2012	MARTES	5,5		5,5
23/12/2012	MIÉRCOLES	4	2,5	6,5
24/12/2012	JUEVES	5	6	11
25/12/2012	VIERNES	4,5	2	6,5
26/12/2012	SÁBADO	7	5	12
27/12/2012	DOMINGO	9	8	17
28/12/2012	LUNES	6	6	12
29/12/2012	MARTES	10	8	18
30/12/2012	MIÉRCOLES	12	4	16
31/12/2012	JUEVES	5	15	20
TOTAL (mm)		183	109	292

Fuente: *Elaboración Propia.*

TABLA Nº 35: PRECIPITACIÓN DEL MES DE FEBRERO 2013 EN (mm)

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL FEBRERO 2013				
LUGAR DE ESTUDIO		COM. VILCA MAQUERA		
PERIODO DE ESTUDIO		DICIEMBRE 2012 - MARZO 2013		
PRECIPITACIÓN OFERTADA MES DE FEBRERO 2013				
FECHA	DÍA	PRECIPITACIÓN (mm)		ACUMULADO POR DÍA
		06:00 hrs	18:00 hrs	
01/12/2012	VIERNES	6,5	0	6,5
02/12/2012	SABADO	2,8	0	2,8
03/12/2012	DOMINGO	5	2,5	7,5
04/12/2012	LUNES	16	1	17
05/12/2012	MARTES	0	0	0
06/12/2012	MIÉRCOLES	4,5	0	4,5
07/12/2012	JUEVES	2,5	3,5	6
08/12/2012	VIERNES	8,5	2,5	11
09/12/2012	SÁBADO	2	10	12
10/12/2012	DOMINGO	14	2	16
11/12/2012	LUNES	5	0	5
12/12/2012	MARTES	7	0	7
13/12/2012	MIÉRCOLES	5	5	10
14/12/2012	JUEVES	7	40	47
15/12/2012	VIERNES	8,5	0	8,5
16/12/2012	SÁBADO	2	0	2
17/12/2012	DOMINGO	0	0	0
18/12/2012	LUNES	1	0	1
19/12/2012	MARTES	0	0	0
20/12/2012	MIÉRCOLES	5	2	7
21/12/2012	JUEVES	8	0	8
22/12/2012	VIERNES	8	1	9
23/12/2012	SÁBADO	5	0	5
24/12/2012	DOMINGO	7	1	8
25/12/2012	LUNES	4	6	10
26/12/2012	MARTES	1	0	1
27/12/2012	MIÉRCOLES	2	0	2
28/12/2012	JUEVES	8	0	8
TOTAL (mm)		145,3	76,5	221,8

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA N° 36: PRECIPITACIÓN DEL MES DE MARZO 2013 EN (mm)

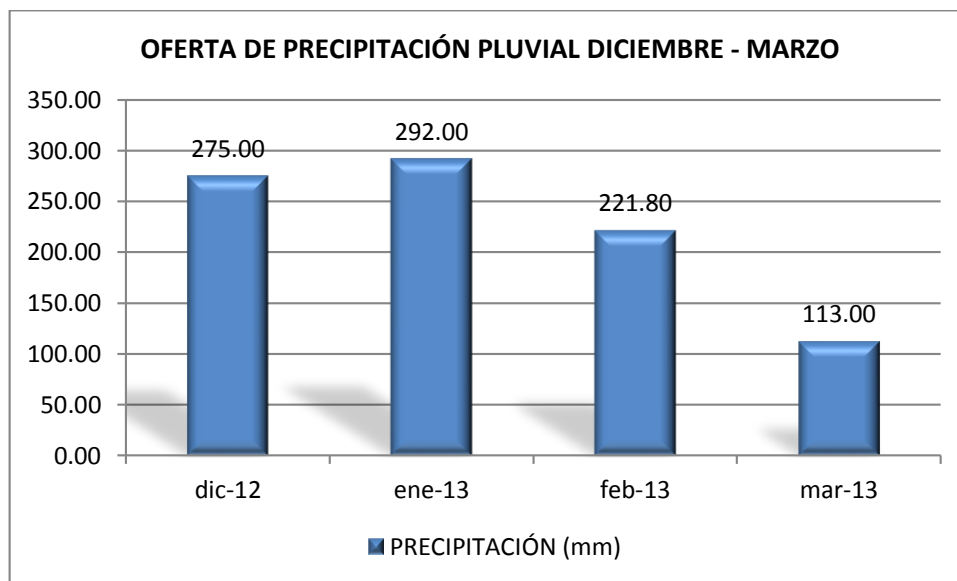
REGISTRO DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL MARZO 2013				
LUGAR DE ESTUDIO		COM. VILCA MAQUERA		
PERIODO DE ESTUDIO		DICIEMBRE 2012 - MARZO 2013		
PRECIPITACION OFERTADA MES DE MARZO 2013				
FECHA	DÍA	PRECIPITACIÓN (mm)		ACUMULADO POR DÍA
		06:00 hrs	18:00 hrs	
01/12/2012	VIERNES	5	0	5
02/12/2012	SÁBADO	4	0	4
03/12/2012	DOMINGO	6	0	6
04/12/2012	LUNES	0	2	2
05/12/2012	MARTES	0	1	1
06/12/2012	MIÉRCOLES	4	4	8
07/12/2012	JUEVES	7	0	7
08/12/2012	VIERNES	5	0	5
09/12/2012	SÁBADO	3	0	3
10/12/2012	DOMINGO	0	0	0
11/12/2012	LUNES	0	0	0
12/12/2012	MARTES	8	0	8
13/12/2012	MIÉRCOLES	0	2	2
14/12/2012	JUEVES	5	3	8
15/12/2012	VIERNES	0	4	4
16/12/2012	SÁBADO	3	2	5
17/12/2012	DOMINGO	7	2	9
18/12/2012	LUNES	8	6	14
19/12/2012	MARTES	0	0	0
20/12/2012	MIÉRCOLES	0	0	0
21/12/2012	JUEVES	0	0	0
22/12/2012	VIERNES	0	0	0
23/12/2012	SÁBADO	0	0	0
24/12/2012	DOMINGO	0	0	0
25/12/2012	LUNES	0	0	0
26/12/2012	MARTES	5	0	5
27/12/2012	MIÉRCOLES	8	1	9
28/12/2012	JUEVES	5	3	8
29/12/2012	VIERNES	0	0	0
30/12/2012	SÁBADO	0	0	0
31/12/2012	DOMINGO	0	0	0
TOTAL (mm)		83	30	113

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA Nº 37: OFERTA DE PRECIPITACIÓN EN (mm) DURANTE LOS MESES DE DICIEMBRE 2012 A MARZO DEL 2013

PRECIPITACIÓN POR MESES					
MES	DIC-12	ENE-13	FEB-13	MAR-13	TOTAL
PRECIPITACIÓN (mm)	275,00	292,00	221,80	113,00	901,80
DIAS DEL MES	31	31	28	31	121

Fuente: *Elaboración Propia.*



- Cálculo de la oferta de precipitación pluvial neta

En el cálculo de la precipitación pluvial neta solo se considera las precipitaciones netas con valores mayores a 40 mm (valores inferiores no se almacenan y se utilizan para la limpieza del área de captación y canaletas); para ello se tiene un coeficiente de escurrimiento de 0.8 por tratarse de calamina.

Mes de diciembre 2012 $PN_{ijk} = 275 * 0.8 = 220$

Mes de enero 2013 $PN_{ijk} = 292 * 0.8 = 233.6$

Mes de febrero 2013 $PN_{ijk} = 221.8 * 0.8 = 177.44$

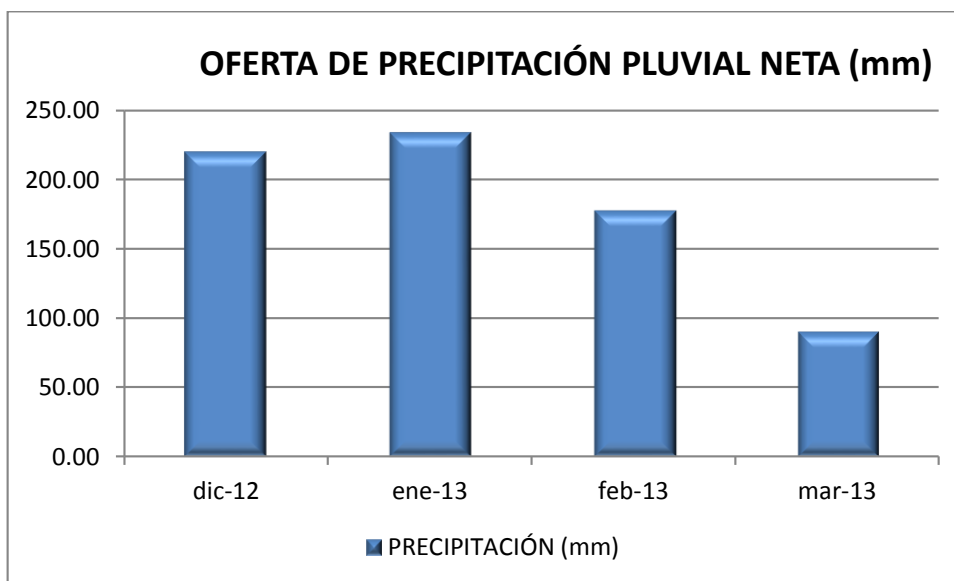
Mes de marzo 2013 $PN_{ijk} = 113 * 0.8 = 90.4$

La precipitación pluvial neta es de 721.44

TABLA Nº 38: OFERTA DE PRECIPITACIÓN PLUVIA NETA DE LOS MESES DICIEMBRE – MARZO

MES	dic-12	ene-13	feb-13	mar-13	TOTAL
PRECIPITACIÓN (mm)	220,00	233,60	177,44	90,40	721,44
DIAS DEL MES	31	31	28	31	121

Fuente: *Elaboración Propio*



D. Área de captación del agua de lluvia.

El área de captación de la vivienda ubicado en la comunidad de Vilca Maquera es de 120 m² las cuales son de dos techos cada uno es de 60m². Para comprobar si el área de captación de la infraestructura existente es suficiente, se utiliza la expresión que relaciona la demanda mensual y la precipitación neta de los meses más lluviosos, como es de diciembre a marzo

$$Aec = \frac{73 \text{ m}^3}{721.44\text{mm}} = 101.18\text{m}^2$$

El área de captación para el abastecimiento del agua en la vivienda de una familia de 4 personas para todo el año es de 101.18 m² .

4.2. RESULTADOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA EL CONSUMO DOMÉSTICO EN LAS VIVIENDAS RURALES DEL DISTRITO DE PILCUYO, PROVINCIA DE EL COLLAO.

- **Diseño del sistema de conducción del agua captada.**

- Longitud del cauce : 10 m
- Cota máxima : 3.5 m
- Cota mínima : 2.40 m
- Superficie de captación : 60 m²

$$60m^2 \times \left(\frac{1km}{1000m}\right)^2 \times \frac{60m \times km^2}{1000000} = 0.000060km^2$$

- Precipitación máxima registrada diaria = 47mm
- Duración de la precipitación pluvial neta = 90 minutos (del pluviómetro)

Convertimos en horas

$$90 \text{ min} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} = 1.5 \text{ hrs}$$

- La pendiente media consideramos = 0.06

Resultados:

a) tiempo de concentración del agua

$$t_c = 0.000325 \left(\frac{8.5^{0.77}}{0.060^{0.385}} \right) = 0.0049h$$

- b) Estimación del tiempo en que ocurre el máximo escurrimiento con el empleo del tiempo de concentración.

$$t_p = 2\sqrt{0.0049} + (0.6 * 0.0049) = 0.14294h$$

Conociendo el tiempo de duración de la precipitación pluvial máxima, se obtiene el tiempo en que ocurre el máximo escurrimiento.

$$t_p = 0.5D + 0.6(tc)$$

D = duración de la precipitación efectiva, h

Reemplazando

$$t_p = 0.5(1.5h) + 0.6(0.0049) = 0.75294 h$$

- c) Tiempo para drenar todos los escurrimientos

El tiempo que se necesita para drenar los escurrimientos se calcula con la siguiente expresión:

$$t_b = 2.67(tp)$$

Reemplazando en los dos casos

$$t_b = 2.67(0.142) = 0.3816 h$$

$$t_b = 2.67(0.7529) = 2.0103h$$

- d) El gasto máximo esperado para el área indicada es:

$$Q_p = \frac{0.278 * 47mm * 0.000060km^2}{0.143h} = 0.0104m^3/s$$

$$Q_p = 0.0104 \frac{m^3}{s} \times \frac{1000l}{1m^3} = 10.49 \text{ lt/s}$$

$$Q_p = \frac{0.278 * 47mm * 0.000060km^2}{0.211hr} = 0.00371m^3/s$$

$$Q_p = 3.71 \text{ lts/s}$$

El gasto esperado es de 10.49 lts/s.

e) Estimación del área transversal de una canaleta rectangular y circular para conducir 10.49lts/seg

Datos:

$$Q_p = 0.0104 \text{ m}^3/s$$

$$V = 1.2 \text{ m/s}$$

La pendiente es 6% entonces el área será:

$$A = \frac{0.0104m^3/s}{1.2m/s} = 0.0086 \text{ m}^2$$

$$0.0086m^2 \times \frac{100cm^2}{m^2} = 86 \text{ cm}^2$$

La sección del canal será (rectangular)

TABLA N° 39: Altura, Área hidráulica, Perímetro mojado y Radio hidráulico en sección circular y rectangular

Forma	área hidráulica	altura tirante	perímetro mojado	radio hidráulico	observaciones
rectangular	0,16m ²	0,08m	0,12m	0,025	b = 0.12 = base y = 0.16 =tirante

Fuente: *Elaboración Propio*

A. Diseño del sistema de almacenamiento del agua de lluvia captada

Área del cisterna diseñado:

$$A = 5.30 \times 5.30 = 28.09 \text{ m}^2$$

Volumen a acumular

$$\text{Volumen del cisterna} = 28.09 \text{ m}^2 \times 1.80 \text{ m} = 50.562 \text{ m}^3$$

El reservorio podrá almacenar en un promedio de 50.562m³ de agua

B. Resultado del bombeo de agua de lluvia almacenada.

Calculo del bombeo

$$D = K X^{0.25} \sqrt{Q_b} \quad \text{Ecuación (0.1)}$$

Donde

K = 1.3 : es tomado de acuerdo a la región.

X = N° Hrs de bombeo continuo (horas)

Q_b = Caudal del bombeo

$$Q_b = \frac{Q_{maxd} * 24}{Nh}$$

Donde:

Q_{maxd} = caudal máximo diario

Nh = número de horas

Reemplazando:

$$Q_b = \frac{(0.003)(24)}{0.5} = 0.144 \text{ l/seg} \quad \text{Ecuación (0.2)}$$

Remplazando en

$$D = (1.3) \left(\frac{0.5}{24} \right)^{0.25} (\sqrt{0.000144})$$

$$D = (1.3)(0.021)^{0.21}(\sqrt{0.000144})$$

$$D = 0.0059m$$

$$D = 0.0059m \cong 0.6cm$$

Diámetro de la tubería ½" pulgada.

$$P_b = \frac{H_{DT} * Q_b * \gamma}{75\eta}$$

Ecuación (0.3)

Donde:

Pb = potencia de la bomba y del motor (Hp)

Qb = Caudal de bombeo en (m³/s)

HDT= Altura dinámica (m)

η = Eficiencia de la bomba

γ = peso específico del agua

Reemplazando en ecuación 3

$$P_b = \frac{(8)(0.000144)(1000)}{(75)(0.80)} = 0.02 Hp$$

La bomba que se usara es de 0.5 Hp

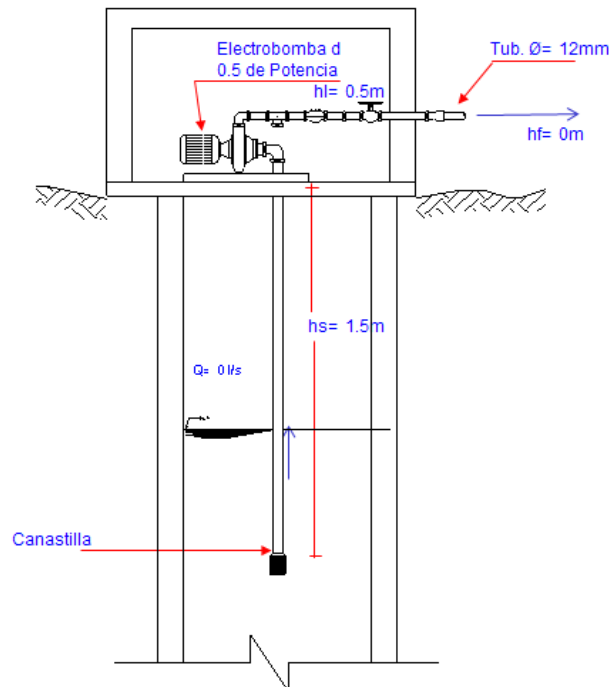


Figura N° 14: Diseño de línea de impulsión – 2013.
Fuente: Elaboración propio

Su potencia es de 0.35 Kw/h

Consumo diario de energía

$$(0.35 \text{ kw/h})(0.5 \text{ h})(1/2 \text{ hp}) = 0.87$$

Se bombea 3 veces al mes.

Consumo es = $(0.87) \times (3) = 2.61$

El consumo por **mes será de S/. 2.61** soles durante un mes

Y durante todo el **año será de S/. 31.2** soles durante todo el año.

C. Evaluación de la calidad de agua de lluvia

La evaluación del agua de lluvia obtenida de los techos de una vivienda ubicada en la comunidad campesina de Vilca Maquera, se realizó desde el 15 de enero hasta el 15 de marzo del 2013. Las fechas obedecieron a factores técnicos y de operación, como la disponibilidad del sitio, los problemas de trasportación y la representatividad de los resultados.

Los parámetros obtenidos del análisis físico químico del agua de lluvia están dentro de los límites permisibles señalados en la norma de la OMS – Ministerio de Salud (1972) los cuales se detallan en el siguiente Tabla.

TABLA N° 40: Parámetros de límites máximos permisibles comparados con el análisis físico químico del agua de lluvia 2013.

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	Máximo Nivel Permissible	Resultados delos análisis realizados 2013.						
			10ENE	01FEB	18FEB	02MAR	28MAR	29ABR	15JUL
Turbiedad	UNT	5	0.46	0.46	0.43	0.40	0.42	0.38	0.35
Temperatura	°C	--	11	13.6	13	12	12.5	11.5	10
pH	Valor de pH	6.5 a 8.5	7	7.2	7.1	7.2	7.1	7	7.1
Conductividad (25°)	µmho/cm	1 500	13	12.3	12	12.5	12.1	12	11
Sólidos Disueltos Totales	mg/L ⁻¹	1 000	5.8	6.1	6	6.1	6	6.2	6
Sólidos suspendidos	mg/L ⁻¹	--	2.9	3	3	3	3.1	3	2.9
Dureza Total	mg/L CaCO ₃ L ⁻¹	500	< 1.3	< 1.4	< 1.2	< 1.2	< 1.3	< 1.3	< 1.4
Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250	< 2.5	< 2.5	< 2.4	< 2.4	< 2.3	< 2.5	< 2.3
Sulfatos	mg SO ₄ =L ⁻¹	250	< 4.9	< 5	< 5	< 5.1	< 5.1	< 5.1	< 4.8

Fuente: Elaboración Propia

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

A partir de la experiencia de este trabajo se plantean las siguientes conclusiones:

1. Del diagnóstico de las viviendas rurales, se ha observado que el 95% de las viviendas, de la Comunidad de Vilca Maquera, están construidas con de techo de calamina galvanizada. En cada vivienda familiar se ha podido observar una superficie mayor de 100m² de calamina galvanizada. Cada habitación tiene las siguientes dimensiones aproximadamente 8.00 m de largo x 5.00 m de ancho. Siendo el área por habitación de 40 m². Considerando tres habitaciones por vivienda familiar, se ha determinado el área total por muestra de 120 m². aproximadamente.
2. La demanda per cápita por persona es de 50 Lit/hab/día. Para suministrar el líquido elemento se requiere de una cobertura de techo de calamina galvanizada de 25.29 m², para recolectar 18.25m³ agua/persona/año.
3. La oferta de precipitación pluvial, en el punto de captación, es de 721.44 mm/año. Por 1 m² se capta 1 litro de agua y por 721.44mm se capta 721.44 litros de agua. Por lo tanto, en 25.29 m² de superficie materia de estudio, se obtiene 18.25 m³, del líquido elemento; durante todo el año por persona.
4. Según el diseño de captación se ha determinado que la sección transversal de la canaleta es de 86 cm², con una base de 0.08 m, con una pendiente de 0.006 m. El diámetro calculado de la tubería recolectora es de 2' de clase 5. El volumen de la cisterna para acumular el agua es de 73 m³; se ha descontado al volumen total 24.2 m³, teniendo en cuenta el consumo de agua de diciembre a marzo, en consecuencia se ha propuesto diseñar un cisterna de 50.5 m³. El costo de bombeo por año es de 32.4 nuevos soles, considerando un consumo de energía de 0.35 kw/h., por un tiempo 0.5 hrs de bombeo de tres veces a mes y utilizando una bomba de agua de 0.5hp de capacidad.

RECOMENDACIONES.

1. Para lograr efectos positivos en el proceso de captación de agua de lluvia para consumo humano en los techos en viviendas rurales, se recomienda considerar el rubro capacitación para que la población tenga el conocimiento básico lo que contribuirá a la sostenibilidad a los recursos naturales de la zona de estudio y esencialmente la conservación del recurso hídrico.
2. Que la Universidad promueva realizar investigaciones más detalladas en el tema captación de agua de lluvia para consumo humano en techos de las viviendas rurales, como una medida para enfrentar la escases de los recursos hídricos que viene ocurriendo debido al problema del cambio climático, ocasionado por el calentamiento global.
3. Se recomienda utilizar este documento como un primer paso para la realización de un manual en Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, ya que aunque los elementos del sistema son muy sencillos, es necesario trabajar mucho en diseños que aseguren agua de buena calidad y la salud de la personas.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- ANAYA M., (2009) Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y el Caribe, Manual Técnico.
- BAEZ A.- BELMONT R., GARCIA R., PADILLA H., TORRES, M.C., (2007) Chemical composition of rainwater collected at a southwest site of Mexico City, Mexico, Atmospheric Research 86(1):61-75
- CIDECALLI – CP, (2007) Sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano a nivel familiar.
- CRITCHLEY, W y SIEGERT, K. (1991) “Wtwharvesting”. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma.
- DAVIS M., (2005) Ingeniería y ciencias ambientales. Mc Graw Hill.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), (2000) Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia. Serie: Zonas Áridas y Semiáridas N° 13. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- GUTIÉRREZ, J. (2003) “Reuso de agua y nutrientes” Medio ambiente y desarrollo, Cuba.
- HERRERA L., (2010) Estudio de alternativas, para el uso sustentable del agua de lluvia.
- LAMBE, T. y WHITMAN, R. (1990) “Wastewater treatment and. Use in agriculture” FAO. Irrigation y drenaje.
- LLOSA, J., PAJARES, E. y TORO, O. (2009) “cambio climático, crisis del agua y adaptación en las montañas andinas”. Reflexión, denuncia y propuesta desde los Andes. Lima desco: Red Ambiental Peruana.

- SAGAR K. (2002) Sampling and physico-chemical analysis of precipitation: a review. *Environmental Pollution* 120 (3): 565-594. Salud. Perú.
- TEBBUT, T. (1990) "Fundamentos del control de calidad de Aguas" Editorial Limusa, Noriega – Mexico.
- MIGLIO, R., (2009) Abastecimiento de agua en el medio rural.
- UNATSABAR (Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural), (2001) Guía de diseño para captación del agua de lluvia.
- UNATSABAR, (2001) Guía de diseño para captación del agua de lluvia, Perú.
- UNATSABAR, (2003) Captación de agua de lluvia para consumo humano: especificaciones técnicas, Perú.
- VELÁZQUEZ G., (2012) Sistemas de captación y aprovechamiento pluvial para un ecobarrio de la CD. De México.

VII. ANEXOS

- ❖ FICHA TÉCNICA
- ❖ PANEL FOTOGRÁFICO
- ❖ PLANOS
- ❖ ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA DE LLUVIA

FICHA TECNICA

ENCUESTA DE CONSUMO DE AGUA EN LITROS/PERSONA/DIA COMUNIDAD CAMPESINA VILCA MAQUERA - 2013

A. INFORMACIÓN BÁSICA DE LA LOCALIDAD

Encustador: _____

Persona encuestado (a): _____

Fecha de Entrevista: ____/____/____ Hora _____

Departamento: Puno Provincia: El Collao Distrito: Pilcuyo

Dirección: Comunidad Campesina de Vilca Maquera

Persona Entrevistada (jefe del hogar): Padre () Madre () otro _____

B. INFORMACIÓN SOBRE LA VIVIENDA

- 1.- Uso: Sólo vivienda () Vivienda y otra actividad productiva asociada ()
- 2.- Tiempo que viven en la casa año(s) Meses
- 3.- Tenencia de la vivienda
 - Propia () ¿Cuánto vale su Vivienda?
 - Alquilada () ¿Cuánto paga al mes? S/.
- 4.- Material predominante en la casa
 - Adobe () Material noble () Otro
- 5.- Material predominante de los techos
 - Calamina Galvanizada Si () No () Otros _____
 - Número de habitaciones _____
- 6.- Posee energía eléctrica si () No () ¿Cuánto paga al mes? S/.
- 7.- Pozo séptico/Letrina/Otro si () No () _____
- 8.- Apreciaciones del Entrevistador
 - a. La vivienda pertenece al nivel económico:
 - Alto() Medio() Bajo()
 - b. La zona en que está ubicada la vivienda pertenece al nivel económico:
 - Alto () Medio () Bajo ()

C. INFORMACIÓN SOBRE LA FAMILIA

- 9.- ¿Cuántas personas habitan en la vivienda? _____
- 10.- ¿Cuántas familias viven en la vivienda? _____

D. INFORMACIÓN SOBRE EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POR LITROS/PERSONA/DIA EN LA VIVIENDA

- 11. ¿Cuánto de agua utiliza para la bebida diaria por persona? _____
- 12. ¿Cuánto de agua utiliza para el saneamiento?(lavado de ropa otros usos) _____
- 13. ¿Cuánto de agua utiliza para la higiene? _____
- 14. ¿Cuánto de agua utiliza para la preparación de alimentos? _____
- 15. ¿Almacena usted el agua para el consumo de su familia? si () no ()
- 16. ¿Cuántos litros cabe en el depósito donde almacena agua en su casa? _____ Litros

Recipientes	Cantidad	Capacidad del recipiente (litros)	Total en litros

- 17. La calidad del agua es:
 - Buena () Mala () Regular ()
- 18. ¿Está usted satisfecho con el agua de pozo? ¿Cómo lo calificaría?
 - Bueno () Malo () Regular()

19. ¿El agua antes de ser consumida le da algún tratamiento?:

Ninguno() Hierve() Lejía ()

Otro _____

20.- El agua de pozo la usa para:

a. Beber () b. Preparar alimentos () c. Lavar ropa () d. Higiene personal ()

e. Limpieza de la vivienda f. Regar la chacra () g. Otros ()

()

21.- ¿Se abastece de otra fuente?: si () no () Si es no, **pasar a la siguiente pregunta**

22.- Si es si, ¿Cuál es la otra fuente?:

a. Vecino () b. Lluvia () c. Otro(especificar) _____

23.- ¿Cuál es la distancia de la vivienda hasta la fuente de abastecimiento? _____ metros y ¿Qué tiempo se demora en ir y venir? _____ minutos.

24.- ¿Cuántas veces al día va a traer agua desde el pozo? _____

E. INFORMACION SOBRE EL SANEAMIENTO

24.- ¿Usted dispone de una letrina?

si () no ()

25.- ¿Todos los que habitan la vivienda usan la letrina?

si () no ()

26.- Si es no, ¿Por qué?:

() Está demasiado lejos

() No tiene costumbre

() Tiene mal olor

() Está en mal estado

() Le asusta usarla

() Otro _____

27.- ¿Considera usted que su letrina está en mal estado?

si () no ()

F. INFORMACIÓN GENERAL Y OTROS SERVICIOS DE LA VIVIENDA.

28.- ¿Cree usted que el agua que consume puede causar enfermedades.

Si () ¿Por qué? _____

No () ¿Por qué? _____

G. CONCIENCIA AMBIENTAL

29.- ¿Cree usted que el agua escaseará algún día?

Si () No () No sabe ()

30.- Cuando una persona arroja basura:

Se contamina ()

No se contamina ()

No sabe/ No opina ()

31.- ¿Qué es el agua?

La fuente de la vida ()

Sin el agua no se puede vivir ()

Me sirve para cocinar, lavar etc. ()

Es solo agua ()

No sabe ()

Otro ()



VIVIENDA INUNDADA POR FALTA DE MANEJO DE AGUAS PLUVIALES

COMUNIDAD DE VILCA MAQUERA - 2013



POZO RÚSTICO FUENTE DE DOTACIÓN DE AGUA DE LA POBLACIÓN EN ESTUDIO.

COMUNIDAD CAMPESINA DE VILCA MAQUERA - 2013



CHARLAS DE SENSIBILIZACIÓN CON LOS POBLADORES DE LA ZONA DE ESTUDIO.

COMUNIDAD DE VILCA MAQUERA - 2013



INSTALANDO LAS CANALETAS CON LÁMINA GALVANIZADA

COMUNIDAD DE VILCA MAQUERA - 2013



PLUVIÓMETRO INSTALADO EN LA ZONA DE ESTUDIO

COMUNIDAD DE VILCA MAQUERA - 2013



TANQUE CISTERNA EN CONSTRUCCIÓN Y AGUA ALMACENADA EN PLÁSTICOS

COMUNIDAD CAMPESINA DE VILCA MAQUERA - 2013



REALIZANDO LA EXCAVACIÓN DEL TANQUE CISTERNA EN LA ZONA DE ESTUDIO

COMUNIDAD DE VILCA MAQUERA - 2013

