



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



**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y
APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA CON FINES DE
RIEGO EN EL SECTOR PUTUCUNI PATA DEL DISTRITO DE
COATA – PUNO**

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. EDWIN ANIBAL INQUILLA SUCAPUCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO - PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA CON FINES DE RIEGO EN EL SECTOR PUTUCUNI PATA DEL DISTRITO DE COATA - PUNO

AUTOR

EDWIN ANIBAL INQUILLA SUCAPUCA

RECuento de palabras

17139 Words

RECuento de caracteres

88155 Characters

RECuento de páginas

105 Pages

Tamaño del archivo

3.9MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 26, 2024 8:25 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 26, 2024 8:27 AM GMT-5

● 16% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 7% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)


Dr. German Belizario Quispe
DOCENTE - UNA - PUNO


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
D.Sc. EDUARDO PELARDE COAHUIRA
Director Unidad de Investigación
Escuela de Ingeniería Agrícola - UNA - Puno



DEDICATORIA

*En reconocimiento, con mucho cariño e inmensa gratitud a mis Padres, **Valentin Inquilla** y **Honoría Sucapuca**, quienes con sus sacrificios e invalorables labores hicieron posible que alcance la concretización de mi deseo de ser profesional y con la bendición del Señor.*

*A mis hermanos **Edward Alcides Inquilla Sucapuca** y **Elizabeth Inquilla Sucapuca**, con inmenso agradecimiento por su incondicional e incomparable aliento, quienes me alentaron en cada momento para la culminación del presente trabajo.*

Esto es para ustedes con todo el cariño.

Edwin Anibal



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

Agradecimiento a la Universidad Nacional del Altiplano Puno y a la Facultad de Ingeniería Agrícola y Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por darme esa oportunidad en estudiar en sus aulas.

Al Dr. German Belizario Quispe, director de tesis, docente de la Facultad de Ingeniería Agrícola, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

A los miembros del jurado Dr. Edgardo Sebastian Guerra Bueno, M. Sc. Miguel Angel Flores Barriga y Dr. Efrain Lujano Laura contribuyeron a que este trabajo se realice de la mejor manera.

A mis amistades que siempre me brindaron su apoyo y consejos durante la elaboración del presente trabajo: Midwar Diego, Victor Raul, Bryan, Ronald Leodan, Erika Amelia y Katherine Margot.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto de tesis pre – grado.

Edwin Anibal



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1.1. Problema general	17
1.1.2. Problemas específicos	17
1.2. HIPÓTESIS	17
1.2.1. Hipótesis general	17
1.2.2. Hipótesis específicas	18
1.3. OBJETIVOS	18
1.3.1. Objetivo general	18
1.3.2. Objetivos específicos	18
1.4. JUSTIFICACIÓN	19

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA



2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	20
2.1.1.	Internacionales	20
2.1.2.	Nacionales	21
2.1.3.	Regionales	23
2.2.	MARCO TEÓRICO	24
2.2.1.	Sistema de recolección de agua.....	24
2.2.2.	Tipos de sistemas de recolección de agua de lluvia.....	24
2.2.3.	Sistema de captación de agua de lluvia - SCALL.....	27
2.2.4.	Importancia de los SCALL	29
2.2.5.	Problemática del escasez del agua	30
2.2.6.	Ciclo hidrológico.....	32
2.2.7.	Precipitación.....	32
2.2.8.	Agua	33
2.2.9.	Calidad del agua.....	33
2.2.10.	Aguas grises.....	35
2.2.11.	Agua para consumo vegetal.....	35
2.2.12.	Sistema de riego por goteo	36
2.2.13.	Datos hidrometereológicos	37

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	39
3.1.1.	Diseño de investigación	39
3.1.2.	Enfoque de investigación	39
3.1.3.	Nivel de investigación.....	39
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	39



3.2.1.	Población.....	39
3.2.2.	Muestra.....	40
3.2.3.	Diseño de muestreo	40
3.3.	PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	40
3.3.1.	Precipitación acumulada y mensual	40
3.3.2.	Diseño de captación y aprovechamiento de agua de lluvia.....	41
3.4.	ZONA DE ESTUDIO.....	44
3.4.1.	Ubicación geográfica	44
3.4.2.	Condiciones meteorológicas	46
3.4.3.	Actividades económicas.....	50
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1.	RESULTADOS.....	60
4.1.1.	Precipitación del sector de estudio	60
4.1.2.	Estimación del volumen de agua captada	62
4.1.3.	Estimación del volumen de agua captada según la demanda.....	66
4.1.4.	Diseño del sistema de conducción del agua captada.....	70
4.1.5.	Diseño del sistema de riego para el agua captada	74
4.2.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	79
V.	CONCLUSIONES.....	81
VI.	RECOMENDACIONES.....	82
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
ANEXOS.....		88



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Coeficientes de escurrimiento para el área de captación. 29
Tabla 2	LMP de los parámetros físicos..... 34
Tabla 3	LMP de los parámetros microbiológicos 35
Tabla 4	Factores que afectan a la evapotranspiración..... 36
Tabla 5	Vías de acceso del sector de estudio 44
Tabla 6	Temperatura máxima promedio 48
Tabla 7	Información agrícola 2009 hasta 2015 en el distrito de Coata..... 54
Tabla 8	Información agrícola 2015 hasta 2021 en el distrito de Coata..... 57
Tabla 9	Estaciones meteorológicas 60
Tabla 10	Precipitación total mensual 61
Tabla 11	Precipitación promedio mensual..... 62
Tabla 12	Volumen de agua captada según el área de captación 63
Tabla 13	Precipitación neta..... 64
Tabla 14	Volumen de agua de lluvia anual captada según el área de captación..... 65
Tabla 15	Dimensiones de la canaleta 73
Tabla 16	Área de riego 75
Tabla 17	Cedula de cultivo de papa 79
Tabla 18	Temperatura máxima de enero a junio..... 96
Tabla 19	Temperatura máxima de junio a diciembre 97
Tabla 20	Temperatura máxima promedio de enero a julio 98
Tabla 21	Temperatura máxima promedio de agosto a diciembre 99
Tabla 22	Precipitación total mensual de enero a julio 100
Tabla 23	Precipitación total mensual de agosto a diciembre 101



Tabla 24	Precipitación promedio mensual de enero a julio	102
Tabla 25	Precipitación promedio mensual de agosto a diciembre.....	103



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Tipos de captación de agua	27
Figura 2 Representación del Sistema SCALL modelo 1.....	28
Figura 3 Representación del Sistema SCALL modelo 2.....	28
Figura 4 Ciclo hidrológico	32
Figura 5 Diagrama de flujo	43
Figura 6 Zona de estudio	45
Figura 7 Radiación solar extraterrestre	47
Figura 8 Calendario agrícola	52
Figura 9 Factores Kc de cultivos en la sierra	53
Figura 10 Precipitación promedio mensual.....	62
Figura 11 Precipitación neta.....	65
Figura 12 Demanda de agua requerida para 1 persona anualmente	68
Figura 13 Demanda de agua requerida para una familia de 4 personas anualmente...	69
Figura 14 Esquema de los componentes del SCALL.....	70
Figura 15 Vista en elevación Canaleta	73
Figura 16 Vista en elevación Vivienda con SCALL.....	74



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Matriz de consistencia.....	89
ANEXO 2 Panel fotográfico.....	90
ANEXO 3 Plano del diseño del SCALL.....	95
ANEXO 4 Temperatura máxima - SENAMHI.....	96
ANEXO 5 Temperatura promedio - SENAMHI	98
ANEXO 6 Precipitación total mensual - SENAMHI	100
ANEXO 7 Precipitación promedio mensual - SENAMHI	102
ANEXO 8 Declaración jurada de autenticidad de tesis	104
ANEXO 9 Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional	105



ACRÓNIMOS

ANA:	Autoridad Nacional del Agua
MIDAGRI:	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú
MINSA:	Ministerio de Salud
INDECI:	Instituto Nacional de Defensa Civil
SENAMHI:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología



RESUMEN

En el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno – Perú, tiende a sufrir escasez de agua para su empleo en el riego de cultivos, y más aún cuando se presentan periodos de sequía en toda la región, por ello proponiendo un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia se puede garantizar una cantidad suficiente de agua. El estudio tuvo por objetivo de realizar una propuesta de un sistema de captación y aprovechamiento del agua de lluvia con fines de riego en el departamento de Puno, la metodología es de diseño no experimental, nivel descriptivo, corte transversal, enfoque cuantitativo. Los resultados indican que las 30 viviendas de estudio tienen techos de calamina; por lo tanto, el sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia fue el SCALL, para el diseño se han obtenido datos del SENAMHI de estaciones meteorológicas cercanas al distrito de Coata donde la precipitación acumulada anual durante 20 años es de 10518.0 mm y la precipitación anual es de 725.8 mm, considerando las dimensiones, tipos de viviendas con techos y precipitación pluvial neta de 580.6 mm, proponiendo un diseño de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia con canaleta rectangular capaz de conducir 7.23 L/s, de sección transversal de 62 cm² con una base de 0.08 m y pendiente del 6%, y para el almacenamiento de agua de lluvia en un cisterna de 50.56 m³ de capacidad, asimismo el agua almacenada puede abastecer hasta 200 m² de área de cultivo de papa aproximadamente durante los 7 meses del periodo de siembra y cosecha.

Palabras clave: Sistema de captación, Aprovechamiento, Agua de lluvia, Riego.



ABSTRACT

In the Putucuni Pata Sector of the Carata Peasant Community of the Coata district, Puno province of the Puno department - Peru, there tends to be a shortage of water for use in irrigating crops, and even more so when periods of drought occur. throughout the region, therefore by proposing a system for collecting and using rainwater, a sufficient amount of water can be guaranteed. The objective of the study was to make a proposal for a system for capturing and using rainwater for irrigation purposes in the department of Puno. The methodology is non-experimental in design, descriptive level, cross-sectional, quantitative approach. The results indicate that the 30 study homes have corrugated iron roofs, therefore, the system for collecting and using rainwater was the SCALL. For the design, data from the SENAMHI were obtained from meteorological stations near the Coata district where The accumulated annual precipitation for 20 years is 10518.0 mm and the annual precipitation is 725.8 mm, considering the dimensions, types of homes with roofs and net rainfall of 580.6 mm, proposing a design of a water collection and use system of rain with a rectangular gutter capable of conducting 7.23 L/s, with a cross section of 62 cm² with a base of 0.08 m and a slope of 6%, and for the storage of rainwater in a cistern with a capacity of 50.56 m³, likewise, the stored water can supply up to 200 m² of potato growing area approximately during the 7 months of the planting and harvesting period.

Keywords: Catchment system, Use, Rainwater, Irrigation.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El déficit de la disponibilidad hídrica es un problema a nivel global, por el crecimiento acelerado de la población y principalmente en zonas áridas y semiáridas por el cambio climático que se viene presentándose, este fenómeno también viene produciéndose en el Perú (Belizario, 2014, 2015, 2021), este problema vienen presentándose con mayor intensidad en la región de Puno en estas últimas décadas (Belizario et al., 2013).

En el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno – Perú, tiende a sufrir escasez de agua para su empleo en el riego de cultivos, y más aún cuando se presentan periodos de sequía en la región de Puno. La escasez de agua potable que existe en el departamento de Puno, debido a una gestión inadecuada de los recursos hídricos que afronta los sectores rurales de la región principalmente en los periodos de avenidas, en muchas veces tienden a producirse hasta inundaciones (Belizario, 2020), afectando a las actividades agropecuarias con repercusiones en la economía y en la calidad de vida de los pobladores el ámbito (Belizario, 2021); asimismo, las autoridades locales, regionales y nacional no gestionan proyectos estratégicos que mitiguen estos problemas de adecuada gestión de recursos hídricos. Esta situación diariamente se incrementa, debido al cambio climático, siendo un problema que afecta a todos los pobladores de estos sectores de la región (Velasquez, 2021).



Además se conoce que el agua es un recurso renovable, que tiene un ciclo para su recarga, pero ante la escasez de agua, por periodos de sequía prolongada y/o por la explotación desmedida de este elemento, entonces el agua se vuelve no renovable, por ello se debe sacar el máximo rendimiento de este vital elemento, aplicando métodos de captación, reciclaje, conservación y cosecha del agua, planteando el diseño de un método de recolección del agua de lluvia por medio de un sistema que permita recolectar el agua, en un sistema compuesto por canaletas y tuberías, que se distribuirán por medio de una red de distribución en el ámbito de estudio, permitiendo así emplear el agua de lluvia para el riego de cultivos y/o productos agrícolas mediante un sistema de aspersion de agua y/o que facilite el riego. Además, se debe tener en consideración que el agua para riego debe ser potable o debe reunir las características y parámetros (físicos, químicos) que exigen las normas internacionales y peruanas, para asegurar la calidad del agua y su utilización, distribución, consumo, entre otros (ANA, 2015).

En el departamento de Puno, el agua empleada para el riego, es tomada de las redes de distribución de un abastecimiento cercano a las viviendas rurales del sector, aunque donde no se tiene este servicio se consumen agua de pozos rurales muchas veces contaminados, ocasionando enfermedades (Chavez & Mayhua, 2019). La demanda de agua para cada familia, y que requiere para realizar los riegos de sus cultivos es alta, además considerando las extensiones de las áreas de riego y/o debido a la lejanía de ríos y/o lagos, así mismo considerando que esta agua es de calidad por su finalidad de consumo humano y la distribución hacia sus animales (Chino et al., 2016).

Los resultados y contribuciones del proyecto a nivel social permitirán aportar conocimientos nuevos, datos recientes, relevantes y confiables a los métodos de recolección de agua, como el diseño de sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia, para que este sea tratado y luego para emplearlos en el riego de cultivos,



hortalizas, etc., además de brindar información de las nuevas tecnologías que si ya existían, estas no era utilizadas o empleadas en los áreas rurales o sectores como en el sector de estudio, entonces capacitando e informando a los pobladores de estas zonas que se dedican al rubro agrícola, cultivo de hortalizas, entre otros vegetales, se espera educar en conocimiento y hacer tomar en conciencia de este sistema de recolección y cosecha de agua pluvial.

1.1.1. Problema general

¿Cómo es la propuesta de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia con fines de riego en el departamento de Puno?

1.1.2. Problemas específicos

PE1: ¿Cómo determinar la precipitación acumulada y mensual en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno?

PE2: ¿Cómo proponer un diseño de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia con fines de riego en el en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno?

1.2. HIPÓTESIS

1.2.1. Hipótesis general

La propuesta de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia garantiza una gestión del agua de cantidad para el riego en el departamento de Puno.



1.2.2. Hipótesis específicas

HE1: La precipitación acumulada y mensual en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno es suficiente para dotar agua para los cultivos en base de datos del SENAMHI.

HE2: Si se podrá proponer un diseño de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia con fines de riego en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Realizar una propuesta de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia con fines de riego en el departamento de Puno.

1.3.2. Objetivos específicos

OE1: Determinar la precipitación acumulada y mensual en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno.

OE2: Proponer un diseño de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia con fines de riego en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno.



1.4. JUSTIFICACIÓN

El estudio se justifica debido a la importancia de ahorrar agua, puesto que este elemento es esencial para la vida de las personas, animales y plantas; además, el ahorro de este recurso, debe tenerse en cuenta la escasez o falta de agua en estos sectores de la región, que permitan implementar sistemas de recolección de agua de lluvia se podrá reutilizar el agua para fines de riego complementario, realizando un tratamiento previo para asegurar que la calidad del agua de lluvia sea apto y cumplan los parámetros de las normas peruanas para agua de riego de los cultivos, e inclusive para el consumo humano y animal.

Además, el emplear el agua de lluvia para el riego de cultivos, comprende el reducir costos y presupuestos para la compra de agua potable. Se justifica a nivel teórico en vista que a través de los resultados se aportaran con conocimientos nuevos, datos recientes, relevantes y confiables a los métodos de recolección de agua para emplearlos en el riego, mientras que metodológicamente se justifica en vista que el diseño, tipo o enfoque de estudio empleado será de utilidad para futuros investigadores que desarrollen trabajos similares sirviendo como guía o antecedente de estudios, investigaciones, etc.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Internacionales

Madrid (2016) en su investigación que lleva por título: “Factibilidad del reciclado de agua de tanques de tormenta para otros usos urbanos”, donde el objetivo es realizar el estudio de factibilidad de reciclaje del agua de lluvia para fines de urbanismo, donde las conclusiones que llega el autor es que no se tiene importancia de este tema en la zona de estudio por las labores complejas que se llegaría a tener, además que el sistema es importante asegurar la calidad del agua, debido a la zona de estudio (temperatura cálida) y por tanto se debe haber una organización para llevar a cabo este proyecto.

Ortiz y Velandia (2017) de su estudio que lleva por título: “Propuesta para la captación y uso de agua de lluvia en las instalaciones de la Universidad Católica de Colombia a partir de un modelo físico de recolección de agua” donde el objetivo que se propone, es un diseño para captar y emplear el agua pluvial, concluyendo que un modelo especialmente diseñado para este fin brindaría una de las soluciones sostenibles para conservar el agua, y asegurando la calidad de la misma, asimismo empleando un filtro que permita garantizar la retención de agentes contaminantes.

Posadas (2015) en su estudio que lleva por título: “Sistema de cosecha de agua pluvial y cosecha de aguas grises de regadera en vivienda unifamiliar” donde realiza un diseño de sistema para cosechar las aguas de lluvia y reutilizar esta agua



en viviendas unifamiliares, las conclusiones indican con el agua de lluvia se realizó una propuesta de diseño con un menor costo que garantice la calidad tanto física como química del agua, considerando un filtro en dicho sistema, pero no removiendo agentes biológicos.

Care International - Avina (2012) en su manual que lleva por título: “Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades. Módulo “, en este manual explica sobre sistemas de saneamiento ambiental, en el país de Ecuador sobre la calidad del agua, además de brindar herramientas que permiten la descripción de conceptos relacionados al tema del agua, aguas residuales, características físicas, químicas, biológicas, DBO, DQO, otros organismos, sistemas de tratamiento de aguas, componentes y elementos del sistema y/o el saneamiento ecológico.

2.1.2. Nacionales

Ruiz (2019) en su investigación titulada: “Aprovechamiento hídrico y sistema de captación de agua pluvial en techos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana los Andes-Huancayo”, donde el objetivo de estudio es proponer un diseño de sistema para aprovechar el agua de lluvia, donde se concluye que el agua recolectada puede ser empleada para el riego de áreas verdes y limpieza en general, abasteciendo a 2 tanques de almacenamiento de 120 y 180 m³ con un área de captación de 3316.94 m².

Hernández (2014) de su estudio denominado: “Sistema de aprovechamiento de agua de lluvia para el abastecimiento de agua potable en el caserío La Florida, Huasmín, Celendín, Cajamarca”, donde el objetivo que plantea es el diseño de un sistema que permite aprovechar el agua pluvial para abastecer



de agua potable en el departamento de Cajamarca. En los resultados indica la importancia del aprovechamiento de agua para el abastecimiento de buena calidad de agua potable y para el desarrollo de sus actividades, asimismo este sistema se adecúa a la zona rural, donde las viviendas están dispersas y no poseen agua potable tal, concluyendo que la precipitación en la zona es la necesaria para el abastecimiento de agua potable.

Laguía (2018) en su estudio que lleva por título: “Captación de agua en una comunidad del Amazonas peruano”, donde el objetivo de estudio es implementar un sistema que permita captar el agua producto de lluvias de la amazonia peruana. De acuerdo a los resultados se menciona que el sistema que permite la recolección de agua de lluvia por medio de los tejados de las viviendas del lugar, el cual será almacenado en depósitos o tanques, que permitirán la distribución del agua por medio de canaletas, planchas, entre otros, siendo importante este último porque el agua recolectada no se ve alterado por contaminantes.

Del Ministerio de Agricultura y Riego, y Autoridad Nacional del Agua (2016) tiene un manual que lleva por título: “Manual de buenas prácticas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales domésticas”, donde el objetivo de dicho manual es brindar lineamientos para el control de parámetros que debe cumplir el agua, tanto propiedades físicas y/o químicas de este elemento, las características de las aguas residuales, aguas superficiales contaminados, sistemas de tratamiento del agua, criterios de diseño, operación y mantenimientos de dichos sistemas, y en general conceptos sobre los recursos hídricos del territorio peruano (Moscoso, 2016).



2.1.3. Regionales

Chino et al. (2016) de su estudio que lleva por título: "Captación de agua de lluvia en cobertura de viviendas rurales para consumo humano en la Comunidad de Vilca Maquera, Puno-Perú", donde el objetivo de estudio es realizar un sistema para captar de agua pluvial para el consumo humano, a distribuir a viviendas rurales en el departamento de Puno. donde los autores exponen sobre la evaluación de las coberturas de viviendas del sector, para la captación del agua de lluvia y luego realizar el diseño de un sistema para un área de captación de 120 metros cuadrados, con una precipitación de 721.44 milímetros diseñando una canaleta rectangular de 0.016 metros cuadrados.

Chalco (2016) de su estudio que lleva por título: "Evaluación, análisis y diseño de un sistema de captación de agua de lluvia en viviendas rurales en Molino - Juli", donde el objetivo es realizar la evaluación de techos de casas del sector de estudio para captar agua de lluvia, además de la propuesta de diseño del sistema de captación. Las conclusiones indican la demanda de agua del año para una familia de cuatro personas es de 73.00 metros cúbicos anualmente, realizando el diagnostico de las casas rurales, evidenciando que están construidas con un techo de calamina, realizando el diseño del sistema para captar agua de lluvia, conforme de la dotación requerida para cada poblador de 50 litros por día.

Ticona (2017) de su estudio que lleva por título: "Propuesta de diseño de la captación de agua de lluvia mediante coberturas en las viviendas rurales, con fines de consumo doméstico en la comunidad Pucajrani Tiracollo - Ilave" donde el objetivo es proponer diseños para la captación de agua de lluvia con objeto de consumo para los pobladores en estos sectores rurales. Las conclusiones indican



la demanda de agua por un año para una familia de cinco personas es de 91.25 metros cúbicos anualmente. La precipitación es de 721.44 milímetros. Mientras que el diseño para la captación se ha tomado en cuenta 02 techos de 120.00 metros cuadrados y una cisterna de 50.0 metros cúbicos. Además, en el análisis se determinó que el agua si es apta para su consumo.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Sistema de recolección de agua

Una técnica para obtener agua tanto para consumo humano como para uso agrícola, la recolección de agua de lluvia es un método tradicional que se ha utilizado en varias sociedades a lo largo de la historia (Chino et al., 2016).

Para las poblaciones, especialmente para los que no tienen acceso a este líquido esencial, la necesidad de recolectar, almacenar y utilizar esta agua para utilización doméstica, para consumo humano o animal es de enorme relevancia. Esta elección hace factible satisfacer las demandas básicas de una población y ayuda en la prevención de enfermedades tanto en humanos como en animales (Anaya et al., 2021).

2.2.2. Tipos de sistemas de recolección de agua de lluvia

a) Tanques modulares exteriores

Estos tanques permiten el almacenamiento a largo plazo de enormes volúmenes de agua sin necesidad de excavaciones costosas o proyectos de construcción a gran escala. Por lo general, contienen hasta 1000 litros de agua por unidad y permiten el acoplamiento de muchas unidades para aumentar la capacidad de almacenamiento porque están



construidos con materiales livianos que facilitan la instalación. El inconveniente de este tipo de tanque es que es difícil de disimular estéticamente y que ocupa mucho espacio como parte de la arquitectura (Structuralia, 2021).

b) Depósitos dispensadores

Se colocan en capacidades de almacenamiento bajas para el uso doméstico y para jardinería, no superando los 100 litros, teniendo ventaja para disponer de forma fácil el agua recogida y que sus dimensiones permiten integrarlo estéticamente e incluso ser una pieza decorativa en sí mismo. Están conectados a un sistema con drenaje de aguas pluviales, lo que permite recoger el agua y repartirla cuando sea necesario (Structuralia, 2021).

c) Tanques bajo tierra

Estos tanques pueden contener grandes volúmenes de agua sin obstruir la vista, pero debido a que deben instalarse bajo tierra, es recomendable proporcionarlos incluso antes de que comience la construcción. Actualmente existen nuevas soluciones, como los tanques subterráneos portantes que pueden construirse sobre los cimientos del propio edificio. Debido a que estos tanques son modulares, es posible cubrir la superficie requerida agregando y conectando módulos que contienen alrededor de 200 litros cada uno (Structuralia, 2021).



d) Depósitos decorativos

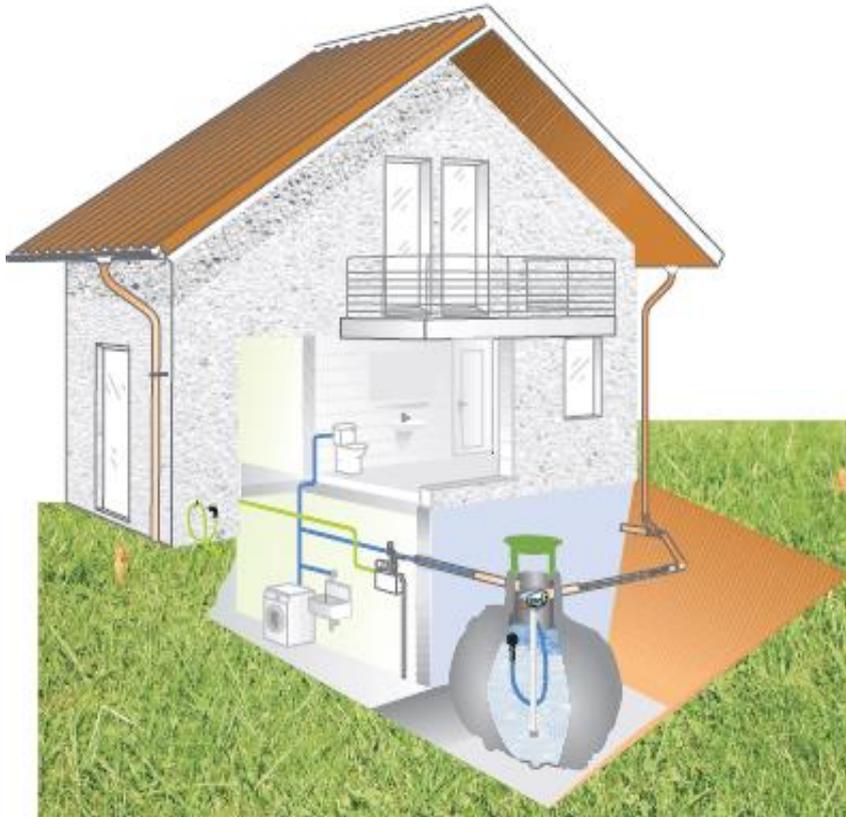
Estos componentes de recolección de agua de lluvia de tamaño mediano pueden tomar la forma de jarrones o macetas grandes, pueden contener hasta 600 litros de agua y algunos tienen sistemas de filtrado interno para potabilizar el agua. También están diseñados con valor estético y decorativo. Este tipo de depósitos tienen el inconveniente de que es difícil conectarlos a la red de abastecimiento sanitario debido a su función estética, por lo que la mayoría de ellos cuentan con su propio sistema de dosificación (Structuralia, 2021).

e) Filtros

El rango de usos para el agua recolectada depende de qué tan bien el sistema pueda filtrar la lluvia. Existen varios tipos de filtros para agua de lluvia dependiendo de la demanda; las más extensas y sofisticadas pueden filtrar en profundidad los contenidos sólidos del agua y desechar los primeros litros recogidos porque eliminan la suciedad superficial; algunos incluso tienen la capacidad de purificar el agua. Por otro lado, hay opciones menos costosas y más sencillas de configurar que pueden limpiar el agua lo suficiente como para utilizarla para la limpieza y el riego, al mismo tiempo que cuidan el sistema de almacenamiento (Structuralia, 2021).

Figura 1

Tipos de captación de agua



Nota: La presente figura muestra un tipo de captación de agua según Structuralia (2021)

2.2.3. Sistema de captación de agua de lluvia - SCALL

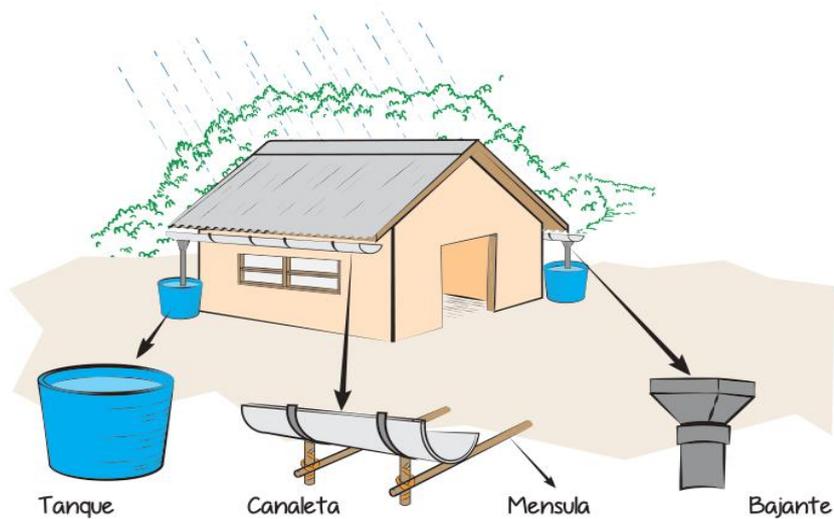
El SCALL dado que sus cualificaciones se pueden ajustar al entorno y materiales donde se instalará, el SCALL se puede encontrar prácticamente en cualquier lugar, hay algunos sectores donde sus condiciones son más propicios, entonces es más asequible y eficiente, como aquellos con grandes superficies de techo que pueden servir como posibles áreas de captación de lluvia o aquellos con precipitaciones medias a altas que tienen una distribución temporal amplia y baja intensidad (Anaya et al., 2021).

Por la calidad del agua de captación y su utilización en actividades donde interfiere la precipitación, el SCALL podría ser simple o complejo pero eso

depende de la utilización del agua captada según la precipitación almacenada, es decir si la utilización principal es para el riego no se necesita de un proceso complejo de filtración en el agua (Salinas et al., 2016).

Figura 2

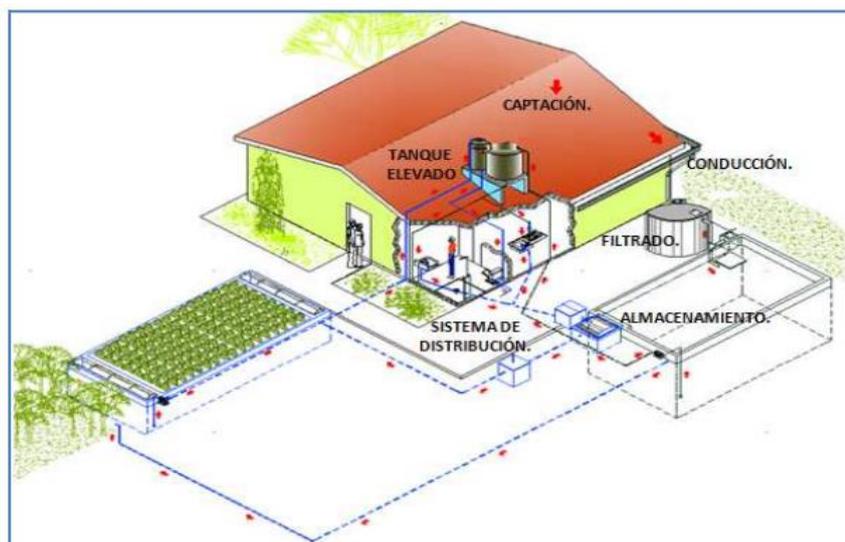
Representación del Sistema SCALL modelo 1



Nota: La presente figura muestra un modelo de captación de agua SCALL según JICA (2015)

Figura 3

Representación del Sistema SCALL modelo 2



Nota: La presente figura muestra un modelo de captación de agua SCALL según Ruiz (2019)



Para determinar el escurrimiento por área de captación se tiene la tabla:

Tabla 1

Coefficientes de escurrimiento para el área de captación.

Tipos de captación	Ce
Cubierta superficial	
Concreto	0.6-0.8
Pavimento	0.5-0.6
PVC	0.85-0.90
Azotea	
Azulejos, tejas, calaminas	0.8-0.9
Hojas de metal	0.7-0.9
Orgánicos (hojas con barro)	< 0.2
Captación en tierra	
Suelo con pendiente menor al 10%	0.0-0.3
Superficies naturales rocosas	0.2-0.5

Nota: La presente tabla muestra los coeficientes de escurrimiento para el área de captación según UNATSABAR (2001)

2.2.4. Importancia de los SCALL

La importancia se debe a que los sistemas de captación de agua de lluvia permiten aprovechar una fuente natural y renovable de agua, contribuyendo así a la gestión sostenible de los recursos hídricos. Esto es especialmente valioso en regiones donde el suministro de agua es limitado o irregular.

Al captar y almacenar agua de lluvia, las comunidades pueden volverse menos dependientes de fuentes externas de agua, como acueductos o pozos. Esto es beneficioso para áreas rurales o zonas donde las infraestructuras de suministro de agua son escasas, en áreas propensas a la escasez de agua, los sistemas de captación de agua de lluvia pueden contribuir a mitigar la falta de agua,



proporcionando una fuente adicional durante períodos de sequía (Avelar et al., 2019).

Tratando adecuadamente el agua captada, se puede lograr un suministro de agua potable seguro y asequible. Esto es especialmente valioso en regiones donde el acceso a agua potable es un desafío, la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia puede ofrecer beneficios económicos al reducir los costos asociados con la infraestructura de suministro de agua tradicional. Además, mejora la resiliencia de las comunidades frente a eventos climáticos extremos (Avelar et al., 2019).

Al igual que cualquier sistema, tiene sus pros y contras. Entre los aspectos positivos se incluyen: la inmunidad a interrupciones en la red de suministro, la reducción de escurrimientos y erosión, la independencia de servicios públicos, la disminución de criaderos de mosquitos, la pureza y suavidad natural del agua, la gratuidad para quienes la recolectan, y la ausencia de cloro y subproductos, pesticidas, entre otros. Sin embargo, presenta desventajas como la falta de control sobre la disponibilidad de agua de lluvia durante las sequías, el riesgo de contaminación por animales, materias orgánicas y contaminantes atmosféricos, el aumento de costos de construcción asociado a las cisternas, y posibles limitaciones para familias con recursos limitados. Además, la falta de protección de la cisterna puede propiciar la proliferación de mosquitos y resultar en una disponibilidad insuficiente del recurso (Torres, 2019).

2.2.5. Problemática del escasez del agua

La escasez del agua es una preocupación global que afecta a diversas regiones del mundo, siendo un desafío crítico para la sostenibilidad ambiental y



el bienestar humano. Este problema se manifiesta a través de la disminución de recursos hídricos disponibles para satisfacer las crecientes demandas de la población, la agricultura y la industria. Las causas de la escasez de agua son multifacéticas e incluyen factores como el cambio climático, la gestión ineficiente de los recursos hídricos, el crecimiento demográfico y la contaminación del agua. Esta escasez no solo amenaza la seguridad alimentaria y la salud pública, sino que también intensifica las tensiones y conflictos en regiones donde los recursos hídricos son limitados. La búsqueda de soluciones sostenibles y la gestión responsable de los recursos acuíferos se han convertido en imperativos para abordar esta problemática y garantizar un acceso equitativo y adecuado al agua para las generaciones presentes y futuras.

De acuerdo a Pedroza et al. (2014) existe un incremento en la población mundial por ende existe una creciente demanda de alimentos y agua, entre otros. Según la ONU a enero de 2014, la población mundial era de 7,200 millones de personas en el planeta y se prevé llegue a 9,600 para el 2050.

Según Belizario et al. (2013), el déficit de la disponibilidad hídrica es un problema a nivel global, por el crecimiento acelerado de la población y principalmente en zonas áridas y semiáridas por el cambio climático que se viene presentándose.

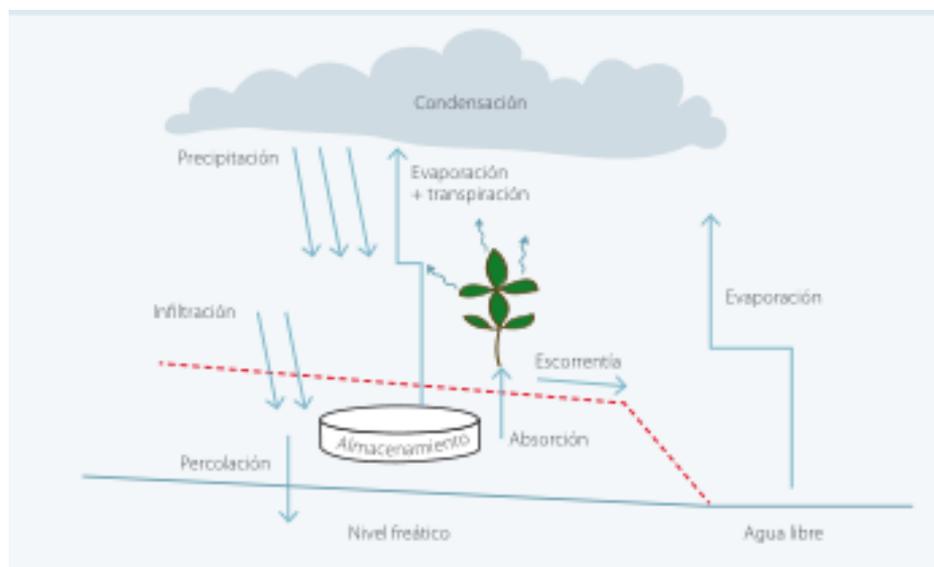
Asimismo, Velásquez (2021) explica sobre la escasez de agua potable que existe en el departamento de Puno, debido a que es el problema que se está afrontando en las zonas rurales que no tienen el apoyo de sus autoridades, y cada día va en aumento debido al cambio climático, problema que además afecta todos los pobladores de estos sectores de la región.

2.2.6. Ciclo hidrológico

Cada gota de agua en la Tierra es un componente de un ciclo. Según el lugar o la zona, el ciclo exhibe distinciones cuantitativas y cualitativas en sus múltiples componentes y etapas, y debemos aprender a convivir con estas características. Es fundamental evaluarlo y observar las posibles alteraciones provocadas por el uso y la gestión del suelo (ONUAA - FAO, 2013).

Figura 4

Ciclo hidrológico



Nota: La presente figura muestra el ciclo hidrológico según ONUAA - FAO (2013)

2.2.7. Precipitación

Los siguientes caminos son posibles para el agua que se convierte en lluvia:

- Quedan depositados en la superficie de la planta. Esto sucede cuando hay muy pocas gotas de lluvia o poca precipitación en general, y cuando hay mucha vegetación. Sin llegar nunca a la tierra, el agua se evapora de la superficie vegetal y vuelve a la atmósfera (FAO, 2013).



- Llegar a la superficie del suelo y colarse. Dado que la tierra es porosa y, por lo tanto, permeable, el perfil de infiltración de agua muestra diferentes tasas de infiltración. Es mejor para la utilización del agua si se filtra más durante una tormenta porque las rutas que puede tomar son beneficiosas: el crecimiento de las plantas y la reposición del nivel freático (FAO, 2013).
- Drenar a la superficie del suelo. La escorrentía superficial ocurre cuando la cantidad de precipitación es mayor que la tasa de infiltración del suelo. La escorrentía puede resultar en erosión y no es deseable ya que desperdicia agua y tiene un impacto negativo tanto localmente como río abajo (inundaciones, contaminación, sedimentación) (FAO, 2013).

2.2.8. Agua

Para asegurar la supervivencia de los organismos vivos que componen los ecosistemas, el agua es un recurso natural que debe ser preservado. Se utiliza para lavar los platos, cocinar y regar las plantas (Azabache et al., 2020).

2.2.9. Calidad del agua

El agua de lluvia que es potable o filtrada para el consumo humano ofrece un enorme potencial para abastecer de manera consistente la necesidad de agua en cantidad y calidad. La cantidad de agua necesaria para el consumo humano se estima utilizando el 3% del peso corporal; por ejemplo, una persona que pesa 80 kg necesita 2.4 L por día. A efectos prácticos, la OMS recomienda 1 m³/persona/año, lo que equivale a 2.73 L/día) (Anaya et al., 2021).

Según el MINSA (2011), la calidad del agua debe cumplir con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos:



Tabla 2

LMP de los parámetros físicos

Parámetros	Unidad de medida	LMP
Olor	---	Aceptable
Sabor	---	Aceptable
	UCV escala	
Color	Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
pH	Valor de pH	6.5 a 8.5
Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
Sólidos totales		
disueltos	mg/L	1 000
Cloruros	mg Cl/L	250
Sulfatos	mg SO ₄ /L	250
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	500
Amoniaco	mg N/L	1.5
Hierro	mg Fe/L	0.3
Manganeso	mg Mn/L	0.4
Aluminio	mg Al/L	0.2
Cobre	mg Cu/L	2.0
Zinc	mg Zn/L	3.0
Sodio	mg Na/L	200

Nota: La presente tabla muestra los Límites Máximos Permisibles - LMP de los parámetros físicos según MINSA (2011)

Tabla 3*LMP de los parámetros microbiológicos*

Parámetros	Unidad de medida	LMP
Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 ml a 35°C	0
E. Coli	UFC/100 ml a 44.5°C	0
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 ml a 44.5°C	0
Bacterias Heterotróficas	UFC/ml a 35°C	500
Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
Virus	UFC/ml	0
Organismos de vida libre, como algas, rotozoarios, capéodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

Nota: La presente tabla muestra los Límites Máximos Permisibles - LMP de los parámetros microbiológicos según MINSA (2011)

2.2.10. Aguas grises

Cuando se liberan, ciertos compuestos en las aguas grises pueden desencadenar cambios físicos, biológicos o químicos específicos en el cuerpo de agua al que eventualmente ingresarán (Azabache et al., 2020).

2.2.11. Agua para consumo vegetal

La cantidad de agua líquida que se evapora del suelo a la atmósfera sobre una superficie cubierta por cultivos se conoce como evapotranspiración, y equivale a la cantidad de agua que consumen los cultivos. El total de sus dos componentes, el agua que las plantas absorben y transpiran (agua productiva



metabolizada) y el agua que se evapora directamente del suelo (agua no productiva), representa su valor (FAO, 2013).

Tabla 4

Factores que afectan a la evapotranspiración

Parámetros climáticos	Factores de las plantas	Factores de manejo y entorno
Radiación solar	Tipo o variedad de cultivo.	Salinidad.
Temperatura del aire	Fase de desarrollo.	Fertilidad del suelo.
Humedad atmosférica	Altura y rugosidad vegetal.	Horizontes duros, impermeables o impenetrables
Velocidad del viento	Reflejo de la superficie vegetal.	Enfermedades y plagas.
	Cobertura del suelo.	Densidad poblacional del cultivo.
	Características radiculares.	Humedad del suelo.
		Control del viento (cortinas).
		Método de riego.
		Prácticas de cultivo.
		Rastrojos o residuos (cobertura vegetativa muerta).
		Utilización de películas plásticas en la superficie.
		Uso de materiales reflectantes en el suelo.

Nota: La presente tabla muestra los factores que afectan a la evapotranspiración según FAO (2013)

2.2.12. Sistema de riego por goteo

El sistema de riego por goteo es una técnica de irrigación que suministra agua directamente a la base de las plantas de manera controlada y eficiente. En este sistema, el agua fluye a través de tuberías o mangueras que están equipadas



con dispositivos de goteo, como emisores o goteros, que liberan agua en forma de pequeñas gotas cerca de la raíz de cada planta.

El uso del sistema de riego por goteo se fundamenta principalmente en el ahorro de agua, ya que se minimiza el escurrimiento, la evaporación y la percolación, impidiendo así el contacto del agua con las hojas y los tallos, lo cual previene enfermedades y permite aumentar el rendimiento, satisfaciendo las necesidades de agua de las plantas. Además, destaca que el riego por goteo permite maximizar la eficiencia de los fertilizantes, ya que el agua se dirige exclusivamente a la zona radicular. En contraste, con otros métodos de riego, el nitrógeno suele perderse a través de la percolación profunda conocida como "lixiviación". El riego por goteo reduce esta lixiviación, lo que facilita la conservación del nitrógeno esencial para el crecimiento de las plantas (Shock y Welch, 2013).

2.2.13. Datos hidrometereológicos

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) tiene como propósito generar y proveer información y conocimiento meteorológico, hidrológico y climático de manera confiable, oportuna y accesible en beneficio de la sociedad peruana.

Con el ánimo de difundir información confiable y de calidad, el SENAMHI opera, controla, organiza y mantiene la Red Nacional de más de 900 Estaciones Meteorológicas e Hidrológicas de conformidad con las normas técnicas de la Organización Meteorológica Mundial (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, 2023)



Los datos proporcionados por el SENAMHI (2023) son:

Datos meteorológicos:

Temperatura: Temperaturas máximas y mínimas diarias, medias mensuales, etc; precipitación: Cantidad de lluvia caída en un período de tiempo determinado; humedad relativa: Porcentaje de humedad en el aire; Velocidad y dirección del viento: Información sobre la velocidad y dirección del viento.

Datos hidrológicos:

Caudal de ríos: Volumen de agua que fluye por un río en un momento específico, niveles de embalses: Altura del agua almacenada en embalses y presas, datos de calidad del agua: Parámetros que describen la calidad del agua, como concentraciones de nutrientes, sólidos disueltos, etc.

Datos climáticos específicos:

Radiación solar: Información sobre la cantidad de radiación solar recibida. Evapotranspiración: Cantidad de agua que se evapora de la superficie del suelo y que es transpirada por las plantas, datos climatológicos a largo plazo: Normales climatológicas: Valores promedio de variables climáticas a lo largo de períodos de referencia específicos (por ejemplo, promedios mensuales y anuales), entre otros.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Diseño de investigación

Es no experimental, de acuerdo con Calle (2023), consiste en no manipular de forma deliberada las variables estudiadas, además se tiene un diseño transversal, de acuerdo al artículo de Cvetkovic et al. (2021) las investigaciones se trabajan en un único periodo y no se realiza el control periódico.

3.1.2. Enfoque de investigación

Este tipo de estudio se trabaja con datos que son cuantificables, asimismo donde la realidad es un hecho que está condicionado por una causa (Calle, 2023), además según Sánchez et al. (2018) menciona que estos son estudios que se basan en la medición numérica.

3.1.3. Nivel de investigación

Es descriptivo, según Ramos (2021) indica que este tipo de investigaciones buscan conocer y exponer características de un determinado grupo.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

El estudio está conformado por viviendas de pobladores del Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata, distrito de Coata, provincia de Puno, departamento de Puno - Perú, aproximadamente entre 100 a 150 familias.



3.2.2. Muestra

La muestra está conformada por las viviendas de pobladores del Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno, departamento de Puno - Perú, que emplearan el sistema de captación de agua de lluvia, aproximadamente entre 30 familias.

3.2.3. Diseño de muestreo

El muestreo fue no probabilístico, y muestra elegida por conveniencia del investigador.

3.3. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

3.3.1. Precipitación acumulada y mensual

OE1: Determinar la precipitación acumulada y mensual en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno.

Primero se ha optado por la recolección de información para su estudio la cual ha sido obtenida de fuentes de información confiables, como artículos científicos, normas técnicas, libros, tesis, entre otros.

Entre la información nacional que se recolecto se encuentra el DS N° 031-2010-SA. que indica y proporcióna parámetros sobre la calidad del agua de lluvia que debe cumplir, también se encuentra el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338 del MINAGRI (ANA, 2010), de la misma forma el ANA, y la norma de “Captación y almacenamiento de agua de lluvia” de la Organización de Naciones Unidas de la FAO y FIDA, finalmente después de haber estudiado



toda la información recolectada se ha optado por elegir el Sistema de Captación de Agua de Lluvia SCALL.

Se ha descargado información de precipitaciones de la base de datos del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) de estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio (Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno), considerando los datos desde el año 2000 hasta el 2020, las estaciones meteorológicas y/o hidrológicas son: Estación Puno con las coordenadas de Longitud: 15°50'16.8", Latitud: S70°1'24.8"W a una altitud de 3808 metros sobre el nivel del mar, y la estación Capachica con las coordenadas de Longitud: 15°36'48.4", Latitud: S69°50'32"W a una altitud de 3822 metros sobre el nivel del mar.

Los datos de precipitación han sido procesados de forma que se tenga los resultados, de los promedios mensuales, promedios anuales de las precipitaciones registrados durante 20 años, estos datos se han trabajado en hojas Excel para su posterior realización de tablas y gráficos.

3.3.2. Diseño de captación y aprovechamiento de agua de lluvia

OE2: Proponer un diseño de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia con fines de riego en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno.

Para este objetivo primero se ha recolectado información sobre diseños que se han realizado en otros artículos e investigaciones, después se ha obtenido



información mediante la visita al sector de estudio, entrevistando pobladores, tomando fotografías, etc.

Para el diseño del sistema se tuvo en cuenta las normas del RNE y los datos requeridos para el diseño será: La dotación de agua, sistema de captación, área de captación, volumen de almacenamiento, caudales, sistemas de conducción, aspectos de contaminación, precipitaciones, ubicación geográfica, periodos de lluvia, periodos de sequía, entre otros.

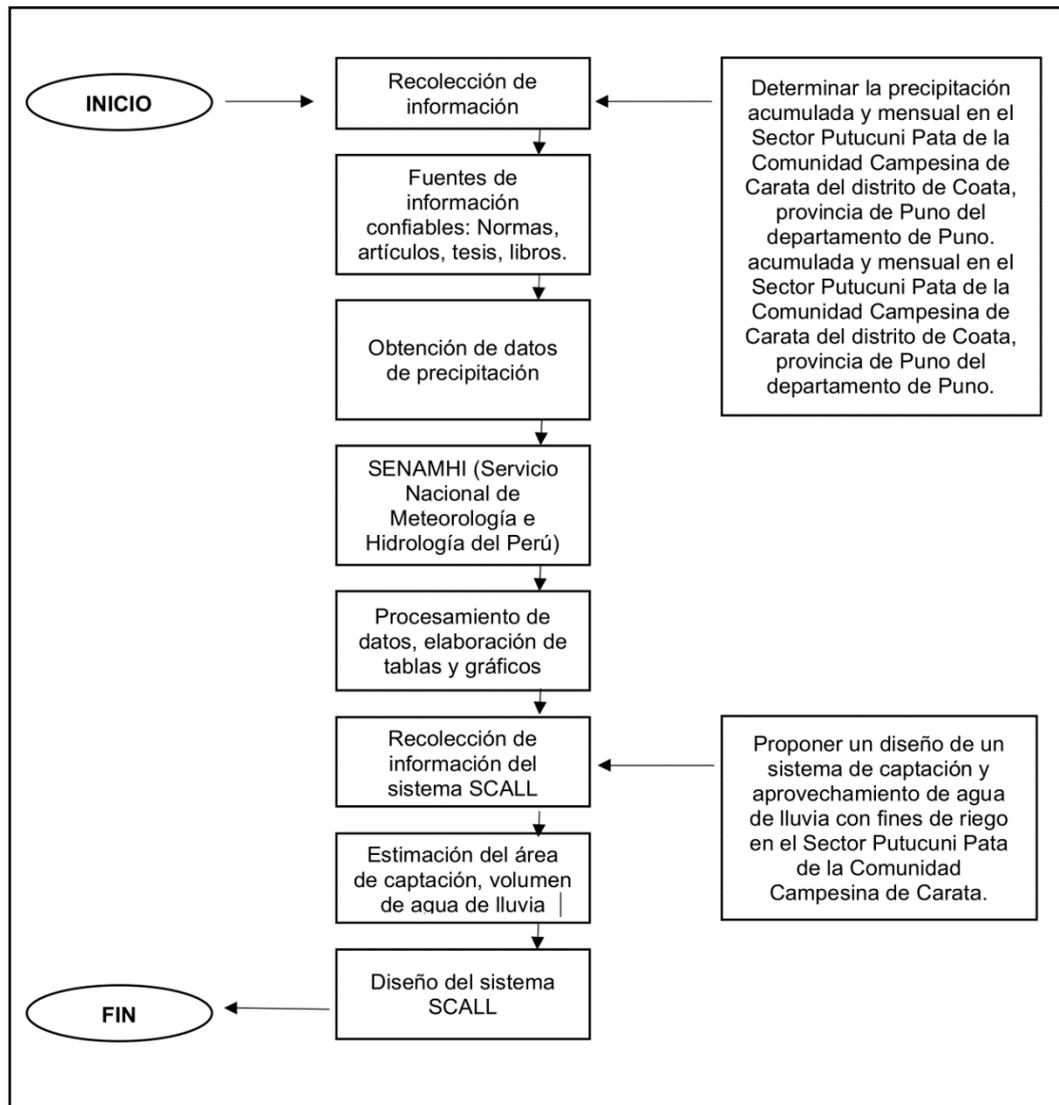
El sistema de recolección y aprovechamiento de agua de lluvia con fines de riego fue el “SCALL” de las siglas “Sistemas de Captación de Agua de Lluvia”, dicho sistema se puede implementar a nivel domiciliario, los componentes del SCALL son las superficies de captura (techos), el sistema de distribución o desviador (canaletas) y el sistema de almacenamiento de agua de lluvia (tanques, cisternas, entre otros), con filtros incorporados para purificar el agua. Para combatir la escasez del líquido esencial para la vida como es el agua, los SCALL son una solución viable porque garantizan el abastecimiento considerando cantidad y calidad para diversas utilidades (consumo humano y animal, uso agrícola, ganadería y uso forestal e industrial) (Anaya et al., 2021). Para el procedimiento de la implementación de este sistema, se ha reunido y estudiado información de distintas fuentes regionales, nacionales e internacionales, que describen el proceso y/o procedimiento de instalación del sistema SCALL, compartiendo guías instructivas, manuales, entre otros, de las cuales se ha seguido el procedimiento de cálculos, tales como: calculando las áreas de captación con los datos de precipitación obtenidos, calculando los tiempos de concentración del agua, calculando los gastos y caudales, cálculo de pendiente y área de la canaleta,

calculando el área y volumen de la cisterna de almacenamiento, entre otros cálculos.

Diagrama de flujo

Figura 5

Diagrama de flujo



Nota: La presente figura muestra el diagrama de flujo de la investigación



3.4. ZONA DE ESTUDIO

3.4.1. Ubicación geográfica

La presente investigación está localizada en Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata, provincia de Puno, departamento de Puno, que es parte del altiplano peruano, situada a orillas del lago Titicaca a una altura de 3.814 msnm elevación de 3.812 m una superficie: 8.372 km², una longitud de 190 km y una cuenca hidrográfica es de 58.000 km.

El sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata, políticamente se encuentra ubicada en el distrito de Coata de la provincia y departamento de Puno.

El distrito de Coata se encuentra en las coordenadas geográficas: Latitud: 15° 34' 16" Sur y Longitud: 69° 57' 1" Oeste.

El distrito de Coata se limita políticamente con los distritos: Por el Norte del distrito Pusi, por el Sur del Huata y Lago Titicaca, por el Este del distrito de Capachica y por el Oeste de los distritos de Huata y Caracoto.

Tabla 5

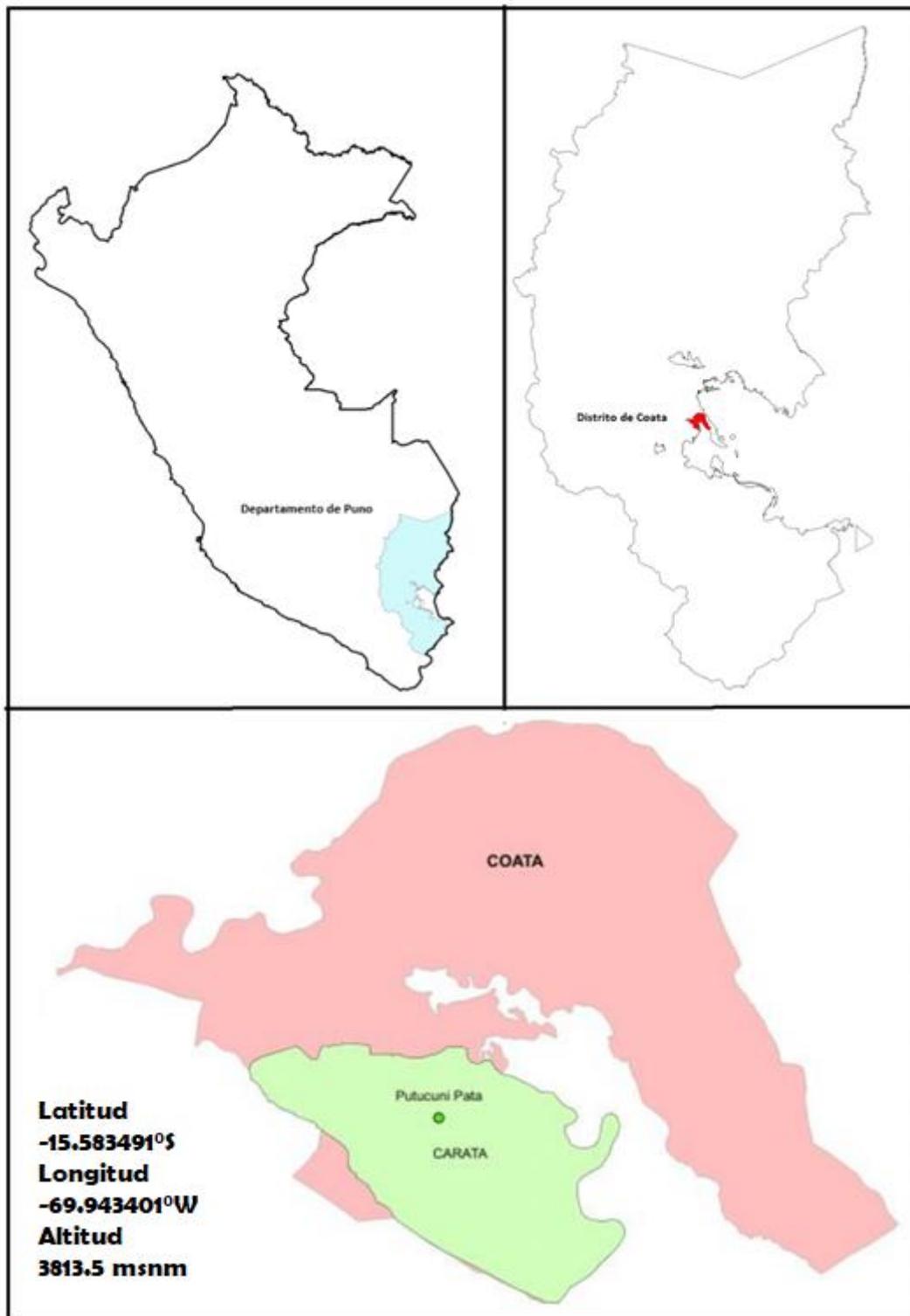
Vías de acceso del sector de estudio

Tramo	Distancia (km)	Tiempo (min)	Tipo de Vía
Puno – Desvío Huata, Coata, Capachica	24	25 min	Asfaltado
Desvío Huata, Coata, Capachica – Desvío Coata	19	20 min	Asfaltado

Nota: La tabla muestra las vías de acceso del sector de estudio

Figura 6

Zona de estudio



Nota: La figura muestra el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata, provincia de Puno, departamento de Puno



3.4.2. Condiciones meteorológicas

a) Temperatura

En el distrito de Coata del departamento de Puno se presenta una temperatura promedio anual de 7°C, una temperatura máxima anual de 18 °C y una temperatura mínima anual de -5 °C (SENAMHI 2020).

De acuerdo a la base de datos del SENAMHI se tienen las siguientes temperaturas máximas.

b) Precipitación

En el distrito de Coata del departamento de Puno se presenta una precipitación promedio anual de 500.9 mm, una precipitación máxima anual de 709.2 mm (SENAMHI 2020).

c) Radiación solar

De acuerdo al método de Hargreaves que es un enfoque empírico utilizado para estimar la evapotranspiración que representa la cantidad máxima de agua que podría evaporarse y transpirarse desde una superficie vegetada si hubiera suficiente agua disponible (Sánchez, 2003).

Con los datos del Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata, provincia de Puno, departamento de Puno.

- Latitud: -15.583491°S
- Longitud: -69.943401°W
- Altitud: 3813.5 msnm

Figura 7

Radiación solar extraterrestre

HEMISFERIO SUR												
Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
70	16.9	11.7	6.4	2.0	0.1	0.0	0.0	0.9	4.4	9.6	15.2	18.5
68	16.7	12.0	6.9	2.4	0.3	0.0	0.0	1.3	4.9	10.0	15.3	18.2
66	16.7	12.2	7.4	2.9	0.6	0.0	0.2	1.7	5.3	10.4	15.3	18.0
64	16.7	12.6	7.9	3.4	1.0	0.2	0.5	2.2	5.9	10.7	15.5	17.9
62	16.8	12.9	8.3	3.9	1.4	0.5	0.8	2.6	6.3	11.1	15.6	17.9
60	16.9	13.2	8.8	4.4	1.8	0.8	1.2	3.1	6.8	11.5	15.8	17.9
58	17.0	13.5	9.2	4.9	2.2	1.2	1.6	3.6	7.3	11.8	16.0	18.0
56	17.1	13.8	9.6	5.4	2.7	1.6	2.0	4.0	7.8	12.2	16.1	18.0
54	17.2	14.0	10.0	5.9	3.1	2.0	2.4	4.5	8.2	12.5	16.3	18.1
52	17.3	14.3	10.4	6.4	3.6	2.4	2.9	5.0	8.7	12.8	16.4	18.1
50	17.4	14.5	10.9	6.8	4.1	2.9	3.3	5.5	9.1	13.1	16.6	18.2
48	17.5	14.8	11.2	7.3	4.5	3.3	3.8	6.0	9.5	13.4	16.7	18.2
46	17.6	15.0	11.6	7.8	5.0	3.8	4.2	6.4	9.9	13.7	16.8	18.2
44	17.6	15.2	12.0	8.2	5.5	4.3	4.7	6.9	10.3	13.9	16.9	18.2
42	17.7	15.4	12.3	8.7	6.0	4.7	5.2	7.3	10.7	14.2	17.0	18.2
40	17.7	15.6	12.6	9.1	6.4	5.2	5.7	7.8	11.1	14.4	17.1	18.2
38	17.7	15.7	12.9	9.5	6.9	5.7	6.2	8.2	11.4	14.6	17.1	18.2
36	17.7	15.9	13.2	9.9	7.4	6.2	6.6	8.7	11.8	14.8	17.1	18.1
34	17.7	16.0	13.5	10.3	7.8	6.6	7.1	9.1	12.1	15.0	17.1	18.1
32	17.7	16.1	13.8	10.7	8.3	7.1	7.6	9.5	12.4	15.1	17.1	18.0
30	17.6	16.2	14.0	11.1	8.7	7.6	8.0	9.9	12.7	15.3	17.1	17.9
28	17.6	16.2	14.2	11.5	9.2	8.0	8.4	10.3	13.0	15.4	17.1	17.8
26	17.5	16.3	14.4	11.8	9.6	8.5	8.9	10.7	13.3	15.5	17.1	17.7
24	17.3	16.3	14.6	12.2	10.0	8.9	9.3	11.1	13.5	15.6	17.0	17.6
22	17.2	16.4	14.8	12.5	10.4	9.4	9.8	11.5	13.8	15.7	16.9	17.4
20	17.1	16.3	14.9	12.8	10.9	9.8	10.2	11.8	14.0	15.8	16.8	17.2
18	16.9	16.3	15.1	13.1	11.2	10.2	10.6	12.2	14.2	15.8	16.7	17.0
16	16.8	16.3	15.2	13.4	11.6	10.7	11.0	12.5	14.4	15.8	16.6	16.8
14	16.6	16.2	15.3	13.6	12.0	11.1	11.4	12.8	14.5	15.8	16.4	16.6
12	16.4	16.2	15.4	13.9	12.3	11.5	11.8	13.1	14.7	15.8	16.2	16.3
10	16.1	16.0	15.4	14.1	12.7	11.9	12.2	13.4	14.8	15.7	16.0	16.1
8	15.9	15.9	15.5	14.3	13.0	12.2	12.5	13.6	14.9	15.7	15.8	15.8
6	15.6	15.8	15.5	14.5	13.3	12.6	12.9	13.9	15.0	15.6	15.6	15.5
4	15.3	15.6	15.5	14.7	13.6	13.0	13.2	14.1	15.1	15.5	15.3	15.2
2	15.1	15.5	15.5	14.9	13.9	13.3	13.5	14.4	15.1	15.4	15.1	14.9
0	14.8	15.3	15.5	15.0	14.2	13.6	13.8	14.6	15.2	15.3	14.8	14.5

Nota: La figura muestra los valores de radiación solar extraterrestre según Allen et al. (1998)

$$\text{La radiación es de } R_s = R_o * 0.162 * (T_{max} - T_{min})^{0.5}$$

$$R_s = 14.6 * 0.162 * (14.84 - 1.59)^{0.5} = 8.61$$

d) Evapotranspiración

Los valores de evapotranspiración de esta zona: Sector Putucuni Pata Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno – Perú.



Evapotranspiración real – Er por el método de Turc

$$Er = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Donde:

P = Altura de precipitación promedio al año (mm).

$$L = 300 + 25 T + 0.05 T^3$$

T = Temperatura promedio al año (°C).

De acuerdo a la información del SENAMHI se tienen los siguientes datos de temperatura.

Tabla 6

Temperatura máxima promedio

Año	Temperatura Máxima Promedio (°C)
2000	14.3
2001	14.1
2002	14.1
2003	14.7
2004	15.0
2005	15.4
2006	15.4
2007	15.6
2008	15.0
2009	15.0
2010	15.5
2011	14.5
2012	14.5



Temperatura	
Año	Máxima Promedio (°C)
2013	14.9
2014	15.2
2015	S/D
2016	S/D
2017	15.2
2018	15.0
2019	15.4
2020	16.0
PROM	15.0

Nota: La tabla muestra la temperatura máxima promedio del sector de estudio elaborado en base de los datos del SENAMHI (2020)

En la tabla 6 se puede apreciar la temperatura máxima anual de los meses de enero hasta diciembre desde el año 2000 hasta el 2020, los datos se han extraído de la base de datos del SENAMHI donde se ha trabajado con la estación meteorológica de Capachica que se encuentra cercana al sector de estudio debido a que el distrito de Coata no cuenta con estaciones meteorológicas.

Entonces los datos son:

$$P = 725.8 \text{ mm}$$

$$T = 15.0 \text{ °C}$$

$$L = 300 + 25(15.0) + 0.05 (15.0)^3$$

$$L = 843.75$$



$$Er = \frac{725.8}{\sqrt{0.9 + \frac{725.8^2}{843.75^2}}}$$

Entonces la evapotranspiración real es 566.8 mm.

3.4.3. Actividades económicas

Se tienen las siguientes actividades:

a) Actividad general

El trabajo diario es la agricultura y ganadería, es lo que define la actividad económica en esta región. En menor medida, algunas familias también dedican su tiempo a la artesanía, el comercio y la pesca. La fuerza de trabajo es el componente más influyente y dinámico del proceso productivo en las unidades familiares que conforman una comunidad. Es crucial recalcar que los sistemas de cooperación social andina preincaica, como el ayni, la minka y la aphata, aún se encuentran en uso. En otras palabras, las familias continúan confiando unas en otras para ayudarse a fin de ahorrar tiempo y acelerar las tareas (Dirección Regional Agraria Puno, 2023).

De manera similar, las prácticas agrícolas andinas preincaicas siguen vigentes hoy en día, incluida la creación de mini-terrazas en los lugares más altos y el uso de waru warus y un sistema de rotación de tierras para preservar el equilibrio ecológico en las áreas más bajas. En este proceso de producción agrícolas se emplean instrumentos tales como la chaquitacla, la raukana y la wactana (utilizadas para pegar y voltear la



tierra, asimismo el estiércol animal) (Dirección Regional Agraria Puno, 2023).

b) Ganadería

Las familias de esta región están comprometidas con la crianza de ovejas y vacas superiores. Los cerdos y los burros son otros dos animalitos que se crían. La presencia de pastizales proporciona alimento a los animales de la misma manera que lo hacen con el llachu y la totora extraída del lago Titicaca. Entre los beneficiarios del programa Proyecto Especial Pradera - Módulos de cría de cuyes de la Diputación Regional se encuentran algunas familias de esta zona. A través de este proyecto, los lugareños son instruidos y brindan apoyo técnico en el proceso de producción y cuidado de los cuyes (Dirección Regional Agraria Puno, 2023).

c) Agricultura

Dado que la agricultura proporciona la base para la vida en estos lugares, es crucial. Utilizan tecnología tradicional, basado en la aplicación de conocimientos acumulados durante muchos siglos. Destacan la astronomía, la rotación del sol y la luna porque son responsables de la existencia de las estaciones climáticas y de la diferenciación de las ventanas climáticas para la siembra y la cosecha. También son hábiles para controlar el tipo de suelo necesario para cultivar ciertas especies (Dirección Regional Agraria Puno, 2023).

La rotación del suelo "Chaqmay" para la nitrogenación de la tierra a cultivar se dice que inicia el ciclo agrícola en el mes de mayo. Es típico

rotar los cultivos de la siguiente manera: papa inicial tanto el tercer como el segundo año de trigo, cebada, frijol u otros cultivos (Dirección Regional Agraria Puno, 2023).

d) Periodo de cultivo

De acuerdo a la siguiente table proporcionada por el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2023) sobre el periodo de siembra y/o cosecha.

Figura 8

Calendario agrícola

PUNO: Calendario de Siembras (%)												
Producto/Mes	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Cebada grano	0.7	14.4	53.7	26.5	4.7							
Maíz amarillo duro	11.2	32.7	46.4	9.7								
Maíz amiláceo	7.7	18.4	35.7	28.3	9.9							
Papa	3.3	9.9	38.3	34.8	8.2					0.7	2.2	2.6
Quinua	2.3	32.1	53.8	11.8								
Trigo	0.6	27.3	57.3	14.8								
Calendario de cosechas (%) *												
Producto/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Café			0.1	9.5	27.1	16.8	13.4	10.9	6.4	8.3	3.7	3.8
Cebada grano		1.7	4.7	23.9	32.6	22.2	10.0	4.9				
Haba grano seco			1.8	18.4	46.5	33.3						
Maíz amarillo duro		13.2	22.1	20.1	27.5	17.1						
Maíz amiláceo			6.8	25.5	52.0	15.7						
Naranja		0.8	2.1	9.5	30.2	26.9	20.0	6.6	1.3	1.2	1.4	
Olluco			5.3	37.4	49.5	7.8						
Papa	1.5	2.8	9.8	34.3	36.5	9.2				0.5	2.4	3.0
Plátano	6.5	6.3	7.6	9.9	11.4	11.8	10.9	8.0	7.7	6.2	5.6	8.1
Quinua			6.2	42.6	42.2	9.0						
Trigo		1.4	12.2	25.5	40.1	20.8						
Yuca		2.2	5.3	9.8	22.4	25.0	35.3					

Nota: La figura muestra el calendario agrícola de productos para sembrío y cosecha en el departamento de Puno del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2023)

De acuerdo a la información proporcionada en el estudio Baldomero (2009), se tienen los coeficientes de cultivo (Kc) de los principales cultivos en la sierra.

Figura 9

Factores Kc de cultivos en la sierra

Cultivos	Días desde siembra a cosecha														
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	150	
Papa	0,18	0,23	0,30	0,40	0,53	0,70	0,84	0,94	1,01	1,05	1,07	1,04	0,95	0,80	0,50
Maíz choclo	0,26	0,30	0,35	0,42	0,51	0,62	0,73	0,83	0,91	0,97	1,01	1,02	1,00	0,93	0,80
Haba en verde	0,24	0,30	0,36	0,44	0,54	0,67	0,77	0,86	0,93	0,96	0,99	1,00	0,96	0,88	0,76
Arveja verde	0,30	0,34	0,40	0,48	0,60	0,71	0,80	0,87	0,93	0,96	0,97	0,97	0,94	0,86	0,77
Trigo (*)	0,25	0,36	0,50	0,65	0,78	0,90	0,98	1,04	1,09	1,11	1,12	1,08	0,98	0,94	0,51
Col	0,18	0,23	0,31	0,41	0,53	0,66	0,76	0,85	0,93	0,96	0,98	0,97	0,94	0,85	0,72
Acelga (*)	0,17	0,21	0,28	0,38	0,51	0,64	0,82	0,91	0,97	1,01	1,02	0,99	0,91	0,78	x
Cebolla	0,28	0,34	0,42	0,52	0,62	0,71	0,78	0,84	0,84	0,91	0,92	0,92	0,90	0,85	0,74
Espinaca (*)	0,18	0,22	0,32	0,48	0,71	0,92	1,04	1,06	1,06	0,94	0,73	x	x	x	x
Lechuga	0,21	0,28	0,37	0,50	0,67	0,82	0,91	0,96	0,96	0,91	0,79	x	x	x	x
Zanahoria	0,34	0,41	0,51	0,60	0,70	0,81	0,90	0,97	1,03	1,07	1,09	1,09	0,96	0,96	0,80

Nota: La figura muestra los Factores Kc de cultivos en la sierra según Baldomero (2009)

De acuerdo a Quispe et al. (2020) los factores de Kc de la papa son: fase inicial $Kc = 0.20$ a máxima cobertura el $Kc = 1.13$ a 1.17 a la cosecha el $Kc = 0.65$.

De acuerdo a Areche (2019) el coeficiente Kc en etapa inicial es de 0.05, en la etapa de desarrollo va desde 0.13 a 0.22, en la etapa de tuberización va desde 0.38 a 0.84, y en la etapa de madurez va desde 0.71 a 0.46. De acuerdo a Arapa (2022) menciona que el Kc promedio de la papa dulce es de 0.81 y la papa amarga es de 0.50.

e) Información agrícola

La entidad encargada de brindar información en el departamento de Puno es la Dirección Regional Agraria Puno.



La Dirección Regional Agraria, es un organismo perteneciente a la Gerencia Regional de Desarrollo Económico; para su función, coordina con el organismo del Sector Agrario es decir el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, a continuación, se presenta la información agrícola el distrito de Coata desde los años 2009 hasta el 2015.

Tabla 7

Información agrícola 2009 hasta 2015 en el distrito de Coata

Variables	2009 a	2010 a	2011 a	2012 a	2013 a	2014 a
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Transitorios						
Arveja grano seco						
Siembra (ha)	6.0	6.0	6.0	6.0	4.0	7.0
Cosecha (ha)	6.0	6.0	6.0	6.0	4.0	7.0
Rendimientos (kg/ha)	833.3	833.3	666.7	666.7	1000.0	928.6
Producción (tn)	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	6.5
Precio (S./kg)	1.0	1.4	1.6	1.2	1.3	1.4
Avena Forrajera						
Siembra (ha)	360.0	380.0	390.0	420.0	300.0	480.0
Cosecha (ha)	360.0	380.0	390.0	420.0	300.0	480.0
Rendimientos (kg/ha)	23797.2	20207.9	22307.7	23247.6	24000.0	26352.1
Producción (tn)	8567.0	7679.0	8700.0	9764.0	7200.0	12649.0
Precio (S./kg)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Avena Grano						
Siembra (ha)	40.0	40.0	40.0	42.0	66.0	43.0
Cosecha (ha)	40.0	40.0	40.0	42.0	66.0	43.0
Rendimientos (kg/ha)	825.0	775.0	800.0	738.1	742.4	814.0
Producción (tn)	33.0	31.0	32.0	31.0	49.0	35.0
Precio (S./kg)	1.3	1.5	1.6	2.1	2.4	1.8
Canahua o canihua						
Siembra (ha)	21.0	20.0	22.0	20.0	20.0	20.0
Cosecha (ha)	21.0	20.0	22.0	20.0	20.0	20.0
Rendimientos (kg/ha)	761.9	800.0	863.6	800.0	850.0	900.0
Producción (tn)	16.0	16.0	19.0	16.0	17.0	18.0
Precio (S./kg)	2.0	2.0	2.2	2.7	4.0	4.9
Cebada forrajera						
Siembra (ha)	280.0	300.0	310.0	320.0	260.0	380.0
Cosecha (ha)		300.0	310.0	320.0	260.0	380.0
Rendimientos (kg/ha)	22350.0	18920.0	19651.6	19884.4	20353.9	23144.7
Producción (tn)	6258.0	5676.0	6092.0	6363.0	5292.0	8795.0
Precio (S./kg)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3



Variables	2009 a	2010 a	2011 a	2012 a	2013 a	2014 a
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Cebada grano						
Siembra (ha)	330.0	320.0	330.0	355.0	630.0	395.0
Cosecha (ha)	330.0	320.0	330.0	355.0	630.0	395.0
Rendimientos (kg/ha)	1209.1	1090.6	1118.2	1140.9	1138.1	1169.6
Producción (tn)	399.0	349.0	369.0	405.0	717.0	462.0
Precio (S./kg)	1.2	1.3	1.4	1.5	1.4	1.5
Cebolla						
Siembra (ha)	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0
Cosecha (ha)	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0
Rendimientos (kg/ha)	15200.0	16500.0	16250.0	16600.0	16400.0	16800.0
Producción (tn)	76.0	66.0	65.0	83.0	82.0	84.0
Precio (S./kg)	0.5	0.6	0.7	0.5	0.6	1.0
Haba Grano Seco						
Siembra (ha)	63.0	60.0	65.0	74.0	64.0	78.0
Cosecha (ha)	63.0	60.0	65.0	74.0	64.0	78.0
Rendimientos (kg/ha)	1031.8	983.3	815.4	1047.3	1046.9	1115.4
Producción (tn)	65.0	59.0	53.0	77.5	67.0	87.0
Precio (S./kg)	2.0	2.2	2.5	2.7	2.4	2.4
Mashua o Izano						
Siembra (ha)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Cosecha (ha)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Rendimientos (kg/ha)	6500.0	6250.0	6500.0	5750.0	6500.0	6500.0
Producción (tn)	26.0	25.0	26.0	23.0	26.0	26.0
Precio (S./kg)	1.0	1.0	1.1	1.6	1.1	1.1
Oca						
Siembra (ha)	12.0	12.0	13.0	14.0	14.0	14.0
Cosecha (ha)	12.0	12.0	13.0	14.0	14.0	14.0
Rendimientos (kg/ha)	7083.3	6250.0	7230.8	7000.0	6928.6	7500.0
Producción (tn)	85.0	75.0	94.0	98.0	97.0	105.0
Precio (S./kg)	1.0	1.0	1.2	1.7	1.2	1.6
Olluco						
Siembra (ha)	6.0	8.0	8.0	8.0	9.0	9.0
Cosecha (ha)	6.0	8.0	8.0	8.0	9.0	9.0
Rendimientos (kg/ha)	5333.3	5750.0	5875.0	6000.0	6000.0	5627.8
Producción (tn)	32.0	46.0	47.0	48.0	54.0	50.7
Precio (S./kg)	1.1	1.1	1.2	1.5	1.4	1.2
Quinua						
Siembra (ha)	170.0	180.0	190.0	205.0	220.0	250.0
Cosecha (ha)	170.0	180.0	190.0	205.0	220.0	250.0
Rendimientos (kg/ha)	1211.8	1300.0	1236.8	1078.1	1190.9	1177.6
Producción (tn)	206.0	234.0	235.0	221.0	262.0	294.4
Precio (S./kg)	3.3	3.6	3.7	6.2	8.6	4.2



Variables	2009 a	2010 a	2011 a	2012 a	2013 a	2014 a
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Trigo blando						
Siembra (ha)	28.0	30.0	13.0	15.0	22.0	16.0
Cosecha (ha)	28.0	30.0	13.0	15.0	22.0	16.0
Rendimientos (kg/ha)	1142.9	1066.7	1000.0	1133.3	1136.4	1187.5
Producción (tn)	32.0	32.0	13.0	17.0	25.0	19.0
Precio (S./kg)	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4
Papa (agrupa mejoradas y nativas)						
Siembra (ha)	210.0	210.0	220.0	260.0	320.0	255.0
Cosecha (ha)	207.0	210.0	220.0	260.0	320.0	255.0
Rendimientos (kg/ha)	9657.0	10209.5	9713.6	10253.9	10450.0	11243.1
Producción (tn)	1999.0	2144.0	2137.0	2666.0	3344.0	2867.0
Precio (S./kg)	0.8	1.0	1.0	1.2	1.2	1.1
Semipermanentes						
Alfalfa						
Siembra (ha)		10.0	125.0	25.0		40.0
Cosecha (ha)	40.0	221.0	281.0	356.0	356.0	381.0
Rendimientos (kg/ha)	19875.0	18004.5	18355.9	21575.8	21688.2	22021.0
Producción (tn)	795.0	3979.0	5158.0	7681.0	7721.0	8390.0
Precio (S./kg)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Otros pastos						
Siembra (ha)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Cosecha (ha)	19200.0	18200.0	18500.0	18700.0	18100.0	18200.0
Rendimientos (kg/ha)	192.0	182.0	185.0	187.0	181.0	182.0
Producción (tn)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

Nota: La tabla muestra la Información agrícola 2009 hasta 2015 en el distrito de Coata elaborado en base de los datos de la Dirección Regional Agraria Puno, (2023).



Tabla 8

Información agrícola 2015 hasta 2021 en el distrito de Coata

Variables	2015 a 2016	2016 a 2017	2017 a 2018	2018 a 2019	2019 a 2020	2020 a 2021
Transitorios						
Arveja grano seco						
Siembra (ha)	7.0	4.0				
Cosecha (ha)	7.0	4.0				
Rendimientos (kg/ha)	857.1	850.0				
Producción (tn)	6.0	3.4				
Precio (S/./kg)	1.4	1.4				
Avena forrajera						
Siembra (ha)	460.0	470.0	470.0	481.0	480.0	470.0
Cosecha (ha)	460.0	470.0	470.0	361.0	480.0	470.0
Rendimientos (kg/ha)	22823.9	23800.0	22855.3	24002.8	25958.3	28497.9
Producción (tn)	10499.0	11186.0	10742.0	8665.0	12460.0	13394.0
Precio (S/./kg)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6
Avena grano						
Siembra (ha)	41.0	40.0	42.0	43.0	43.0	40.0
Cosecha (ha)	41.0	40.0	42.0	43.0	43.0	40.0
Rendimientos (kg/ha)	804.9	950.0	952.4	953.5	953.5	900.0
Producción (tn)	33.0	38.0	40.0	41.0	41.0	36.0
Precio (S/./kg)	1.7	1.8	1.8	1.1	1.6	1.6
Canahua o canihua						
Siembra (ha)	22.0	19.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Cosecha (ha)	22.0	19.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Rendimientos (kg/ha)	863.6	947.4	950.0	950.0	900.0	890.0
Producción (tn)	19.0	18.0	19.0	19.0	18.0	17.8
Precio (S/./kg)	4.1	4.1	3.0	3.6	4.5	3.8
Cebada forrajera						
Siembra (ha)	380.0	380.0	380.0	315.0	315.0	270.0
Cosecha (ha)	380.0	380.0	380.0	315.0	315.0	270.0
Rendimientos (kg/ha)	20000.0	20000.0	19742.1	19796.8	22047.6	24777.8
Producción (tn)	7600.0	7600.0	7502.0	6236.0	6945.0	6690.0
Precio (S/./kg)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5
Cebada grano						
Siembra (ha)	395.0	390.0	392.0	394.0	380.0	320.0
Cosecha (ha)	395.0	390.0	392.0	394.0	380.0	320.0
Rendimientos (kg/ha)	1121.5	1235.9	1262.8	1238.1	1202.6	1231.3
Producción (tn)	443.0	482.0	495.0	487.8	457.0	394.0
Precio (S/./kg)	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2



Variables	2015 a 2016	2016 a 2017	2017 a 2018	2018 a 2019	2019 a 2020	2020 a 2021
Cebolla						
Siembra (ha)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0
Cosecha (ha)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0
Rendimientos (kg/ha)	16800.0	16800.0	16800.0	16600.0	15400.0	12500.0
Producción (tn)	84.0	84.0	84.0	83.0	77.0	50.0
Precio (S./kg)	1.0	0.9	0.9	1.0	0.9	0.8
Haba grano seco						
Siembra (ha)	75.0	50.0	50.0	50.0	55.0	49.0
Cosecha (ha)	75.0	50.0	50.0	50.0	55.0	49.0
Rendimientos (kg/ha)	1106.7	1100.0	960.0	1104.0	1181.8	1224.5
Producción (tn)	83.0	55.0	48.0	55.2	65.0	60.0
Precio (S./kg)	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Haba grano verde						
Siembra (ha)	3.0	3.0				
Cosecha (ha)	3.0	3.0				
Rendimientos (kg/ha)	7333.3	7666.7				
Producción (tn)	22.0	23.0				
Precio (Sol/kg)	1.5	1.3				
Mashua o izano						
Siembra (ha)	4.0	3.0		1.0	1.0	7.0
Cosecha (ha)	4.0	3.0		1.0	1.0	7.0
Rendimientos (kg/ha)	6450.0	6666.7		6900.0	7000.0	7142.9
Producción (tn)	25.8	20.0		6.9	7.0	50.0
Precio (S./kg)	1.1	1.2		1.2	1.2	1.3
Oca						
Siembra (ha)	13.0	9.0	8.0	9.0	6.0	7.0
Cosecha (ha)	13.0	9.0	8.0	9.0	6.0	7.0
Rendimientos (kg/ha)	7000.0	7111.1	7000.0	6333.3	7000.0	7328.6
Producción (tn)	91.0	64.0	56.0	57.0	42.0	51.3
Precio (S./kg)	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.4
Olluco						
Siembra (ha)	9.0	8.0	9.0	8.0	8.0	9.0
Cosecha (ha)	9.0	8.0	9.0	8.0	8.0	9.0
Rendimientos (kg/ha)	5666.7	6000.0	5888.9	5875.0	6750.0	6844.4
Producción (tn)	51.0	48.0	53.0	47.0	54.0	61.6
Precio (S./kg)	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
Quinua						
Siembra (ha)	275.0	215.0	220.0	220.0	200.0	220.0
Cosecha (ha)	275.0	215.0	220.0	220.0	190.0	220.0
Rendimientos (kg/ha)	978.2	1069.8	995.5	994.6	1178.4	1118.2
Producción (tn)	269.0	230.0	219.0	218.8	223.9	246.0
Precio (S./kg)	3.5	3.2	3.4	3.6	4.5	4.1



Variables	2015 a 2016	2016 a 2017	2017 a 2018	2018 a 2019	2019 a 2020	2020 a 2021
Trigo blando						
Siembra (ha)	17.0	17.0	12.0	15.0	10.0	12.0
Cosecha (ha)	17.0	17.0	12.0	15.0	10.0	12.0
Rendimientos (kg/ha)	1117.7	1058.8	1083.3	1086.7	1230.0	1283.3
Producción (tn)	19.0	18.0	13.0	16.3	12.3	15.4
Precio (S./kg)	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
Papa (agrupa mejoradas y nativas)						
Siembra (ha)	280.0	280.0	280.0	280.0	280.0	280.0
Cosecha (ha)	280.0	280.0	280.0	278.0	280.0	280.0
Rendimientos (kg/ha)	9025.0	10278.6	12117.9	14097.1	13014.3	15260.7
Producción (tn)	2527.0	2878.0	3393.0	3919.0	3644.0	4273.0
Precio (S./kg)	1.4	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
Semipermanentes						
Alfalfa						
Siembra (ha)				60.0	60.0	30.0
Cosecha (ha)	421.0	421.0	421.0	421.0	471.0	531.0
Rendimientos (kg/ha)	21154.4	21320.7	21380.1	21933.5	22106.2	21659.1
Producción (tn)	8906.0	8976.0	9001.0	9234.0	10412.0	11501.0
Precio (S./kg)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
Otros Pastos						
Siembra (ha)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Cosecha (ha)	14300.0	15500.0	15600.0	14800.0	14900.0	8520.0
Rendimientos (kg/ha)	143.0	155.0	156.0	148.0	149.0	85.2
Producción (tn)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

Nota: La tabla muestra la Información agrícola 2015 hasta 2021 en el distrito de Coata elaborado

en base de los datos de la Dirección Regional Agraria Puno, (2023).

En las tablas se puede apreciar la información agrícola (cantidad de cosecha, rendimiento, producción, precio) desde el año 2015 hasta el 2021, los datos se han extraído de la base de datos de la Dirección Regional Agraria Puno del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

En la presente investigación se ha determinado el sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia denominado Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL), debido a las condiciones de las viviendas del Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno, del departamento de Puno – Perú, que en su mayoría son viviendas con un techo de cobertura de calamina, y para realizar el diseño del sistema SCALL se ha recolectado información de la base de datos del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú), esta información se presenta a continuación:

4.1.1. Precipitación del sector de estudio

El sector de estudio de la presente investigación está ubicada en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno, del departamento de Puno – Perú, y según el SENAMHI se ha obtenido los datos de precipitación, de las estaciones meteorológicas cercanas al sector de estudio considerando desde el año 2000 hasta el 2020.

Tabla 9

Estaciones meteorológicas

Código N°	Estación	Tipo	Altitud (msnm)	Coordenadas	
				Longitud	Latitud
47256412	Puno	Automática - Hidrológica	3808	15°50'16.8" S	70°1'24.8" W
100021	Capachica	CO - Meteorológica	3822	15°36'48.4" S	69°50'32" W

Nota: La tabla muestra estaciones meteorológicas del SENAMHI (2023) del sector de estudio



Tabla 10

Precipitación total mensual

Año	Precipitación Total (mm)
2000	515.0
2001	709.2
2002	624.6
2003	636.2
2004	562.7
2005	454.0
2006	510.7
2007	329.6
2008	411.1
2009	409.0
2010	449.2
2011	470.1
2012	596.2
2013	593.4
2014	396.8
2015	584.0
2016	399.9
2017	503.9
2018	522.8
2019	402.1
2020	437.5
TOTAL	10518.0

Nota: La tabla muestra la temperatura máxima promedio del sector de estudio elaborado en base de los datos del SENAMHI (2020)

En la tabla 10 se puede apreciar la precipitación total o acumulada los meses de enero hasta diciembre desde el año 2000 hasta el 2020, los datos se han extraído de la base de datos del SENAMHI donde se ha trabajado con 2 estaciones meteorológicas (estación Puno y estación Capachica) que se encuentran cercanas al sector de estudio debido a que el distrito de Coata no cuenta con estaciones meteorológicas.

Tabla 11

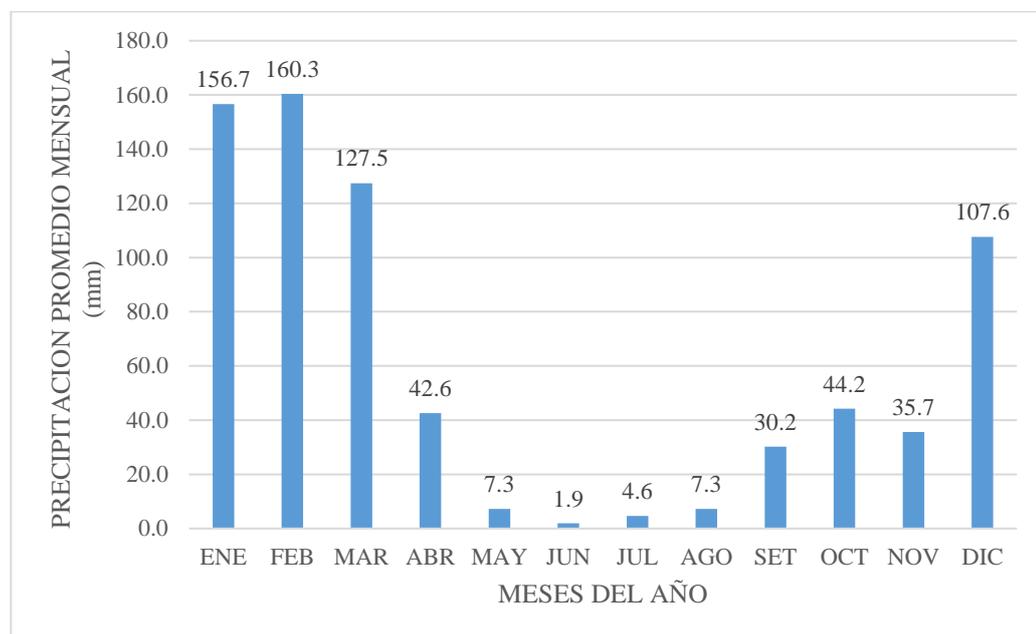
Precipitación promedio mensual

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TOTAL	156.7	160.3	127.5	42.6	7.3	1.9	4.6	7.3	30.2	44.2	35.7	107.6	725.8

Nota: La tabla muestra la temperatura máxima promedio del sector de estudio elaborado en base de los datos del SENAMHI (2020)

Figura 10

Precipitación promedio mensual



En la tabla 11 y figura 10 se puede apreciar según a la información de precipitación obtenida de las estaciones meteorológicas (estación Puno y estación Capachica) del SENAMHI que se encuentran cercanas al sector de estudio del distrito de Coata, donde se tiene una precipitación promedio mensual total de 725.8 mm por año.

4.1.2. Estimación del volumen de agua captada

El sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia en la presente investigación es el Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL), de acuerdo al manual técnico para sistemas de captación por Anaya et al. (2021), menciona



que los SCALL dado que garantizan el suministro y tienen en cuenta la cantidad, la calidad y la continuidad para diversos fines (consumo humano y animal, producción agrícola, ganadera y forestal, así como uso industrial), los SCALL brindan una solución viable para enfrentar la escasez de este líquido esencial para ello se ha elaborado una tabla del volumen de agua de lluvia captada según el área de captación, en este caso del área en metros cuadrados del techo de calaminas de viviendas del sector Putucuni Pata Comunidad Campesina de Carata, distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno – Perú.

Tabla 12

Volumen de agua captada según el área de captación

Área de captación m ²	Precipitación pluvial promedio (mm)				
	1	10	100	1000	10000
	Volumen captado en Litros				
1	1	10	100	1000	10000
10	10	100	1000	10000	100000
50	50	500	5000	50000	500000
100	100	1000	10000	100000	1000000
150	150	1500	15000	150000	1500000
200	200	2000	20000	200000	2000000
250	250	2500	25000	250000	2500000
300	300	3000	30000	300000	3000000
350	350	3500	35000	350000	3500000
400	400	4000	40000	400000	4000000
450	450	4500	45000	450000	4500000
500	500	5000	50000	500000	5000000
550	550	5500	55000	550000	5500000
600	600	6000	60000	600000	6000000
650	650	6500	65000	650000	6500000
700	700	7000	70000	700000	7000000
750	750	7500	75000	750000	7500000
800	800	8000	80000	800000	8000000
900	900	9000	90000	900000	9000000
1000	1000	10000	100000	1000000	10000000



En la tabla 12 se aprecia el volumen de agua que se puede captar según el área de captación (en m²) y según la precipitación pluvial (en mm).

De acuerdo a una Guía de diseño para captación del agua de lluvia de la Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural (UNATSABAR) se consideró el valor de coeficiente de escurrimiento en techos de calamina, siendo el valor de 0.8.

Además, con los valores obtenidos de precipitación del SENAMHI se tiene el valor de precipitación neta.

Tabla 13

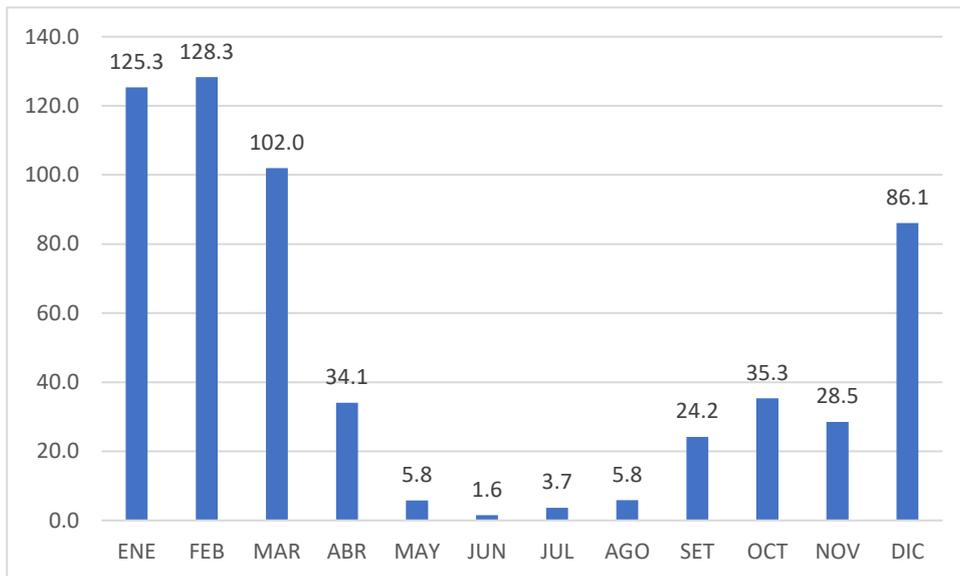
Precipitación neta

Mes	Precipitación (mm)	Ce	Precipitación Neta (mm)
Mes de enero	156.7	0.8	125.3
Mes de febrero	160.3	0.8	128.3
Mes de marzo	127.5	0.8	102.0
Mes de abril	42.6	0.8	34.1
Mes de mayo	7.3	0.8	5.8
Mes de junio	1.9	0.8	1.6
Mes de julio	4.6	0.8	3.7
Mes de agosto	7.3	0.8	5.8
Mes de setiembre	30.2	0.8	24.2
Mes de octubre	44.2	0.8	35.3
Mes de noviembre	35.7	0.8	28.5
Mes de diciembre	107.6	0.8	86.1
Total	725.8		580.6

Nota: La tabla muestra la precipitación neta del sector de estudio

Figura 11

Precipitación neta



En la tabla 13 y figura 11 se puede apreciar los valores de precipitación neta que son el resultado de la precipitación promedio mensual según el SENAMHI multiplicado por el coeficiente de escurrimiento en estructuras de techo de calamina, entonces se puede estimar la cantidad de volumen de agua de lluvia captada es decir de 580.6 mm y según el área de las viviendas como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 14

Volumen de agua de lluvia anual captada según el área de captación

Área de captación m ²	Precipitación pluvial neta (mm)	
	Volumen captado en m ³	Volumen captado en litros
	580.6	
1	0.5806	580.6
10	5.806	5806.0
50	29.03	29030.0
100	58.06	58060.0
150	87.09	87090.0
200	116.12	116120.0



Área de captación	Precipitación pluvial neta (mm)	
250	145.15	145150.0
300	174.18	174180.0
350	203.21	203210.0
400	232.24	232240.0
450	261.27	261270.0
500	290.3	290300.0
550	319.33	319330.0
600	348.36	348360.0
650	377.39	377390.0
700	406.42	406420.0
750	435.45	435450.0
800	464.48	464480.0
900	522.54	522540.0
1000	580.6	580600.0

En la tabla 14 se aprecia el volumen de agua que se puede captar según el área de captación (en m²) y según la precipitación pluvial promedio neta (en mm).

4.1.3. Estimación del volumen de agua captada según la demanda

En el sector de estudio de acuerdo a la muestra tomada de 30 viviendas se tiene que un 93% de las viviendas son de adobe que poseen un techo de calamina, mientras que un 7% de viviendas son de bloques de concreto que poseen un techo de calamina.

Las viviendas en mayor proporción tienen un área promedio de entre 50 y 100 m², pero considerando un valor para el diseño se trabajó con una vivienda con techo de calamina de un área total de 60 m².

Para las consideraciones del diseño de toma en cuenta lo siguiente:

Las canaletas galvanizadas y tuberías de PVC deben conducir el agua de lluvia recolectada en los techos y áreas de escorrentía al sistema de almacenamiento. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, 2000).



Considerando el consumo medio del agua para personas en la zona rural de la sierra del Perú (50 litros/día), según la OMS y el MINSA, entonces se considera que el volumen total en m^3 que consume por persona anualmente es de $18.25 m^3$ (Chino et al., 2016).

Demanda de una persona anualmente:

$$Demanda = \frac{\# \text{ de personas} * \text{Dias del mes} * \text{Dotacion}}{1000 \text{ (factor conversion } m^3)}$$

Mes de enero: $Demanda = \frac{1*31*50}{1000} = 1.55 m^3$

Mes de febrero: $Demanda = \frac{1*28*50}{1000} = 1.40 m^3$

Mes de marzo: $Demanda = \frac{1*31*50}{1000} = 1.55 m^3$

Mes de abril: $Demanda = \frac{1*30*50}{1000} = 1.50 m^3$

Mes de mayo: $Demanda = \frac{1*31*50}{1000} = 1.55 m^3$

Mes de junio: $Demanda = \frac{1*30*50}{1000} = 1.50 m^3$

Mes de julio: $Demanda = \frac{1*31*50}{1000} = 1.55 m^3$

Mes de agosto: $Demanda = \frac{1*31*50}{1000} = 1.55 m^3$

Mes de septiembre: $Demanda = \frac{1*30*50}{1000} = 1.50 m^3$

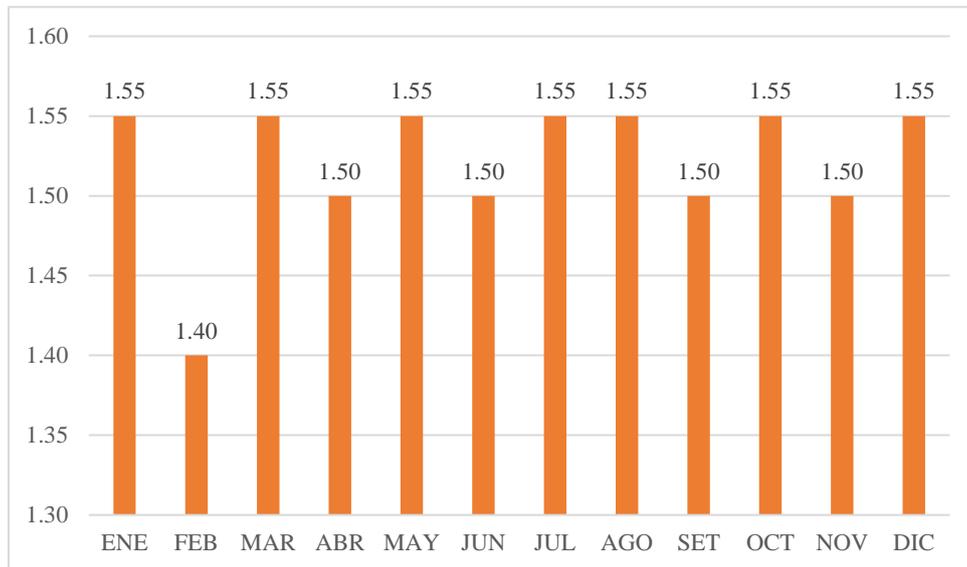
Mes de octubre: $Demanda = \frac{1*31*50}{1000} = 1.55 m^3$

Mes de noviembre: $Demanda = \frac{1*30*50}{1000} = 1.50 m^3$

Mes de diciembre: $Demanda = \frac{1 \cdot 31 \cdot 50}{1000} = 1.55 \text{ m}^3$

Figura 12

Demanda de agua requerida para 1 persona anualmente



En la figura 12 se aprecia la demanda de agua por meses que se requiere para 1 persona según la OMS y el MINSA.

Demanda para una familia de 4 personas anualmente:

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

Mes de febrero: $Demanda = \frac{4 \cdot 28 \cdot 50}{1000} = 5.60 \text{ m}^3$

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

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

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

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

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

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

Mes de septiembre: $Demanda = \frac{4 \cdot 30 \cdot 50}{1000} = 6.00 \text{ m}^3$

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

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

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

Figura 13

Demanda de agua requerida para una familia de 4 personas anualmente



En la figura 13 se aprecia la demanda de agua por meses que se requiere para 4 personas según la OMS y el MINSA. Por lo tanto, la demanda total de 4 personas anualmente será de 73.00 m^3

Oferta de precipitación pluvial

De acuerdo a la siguiente tabla se calcula la precipitación neta.

Entonces se tiene:

Área de captación: 60 m^2

Volumen total de agua considerado por persona en un año: 18.25 m^3

Volumen total de agua considerado por una familia de 4 personas en un año: 73 m^3

Precipitación: 580.6 mm

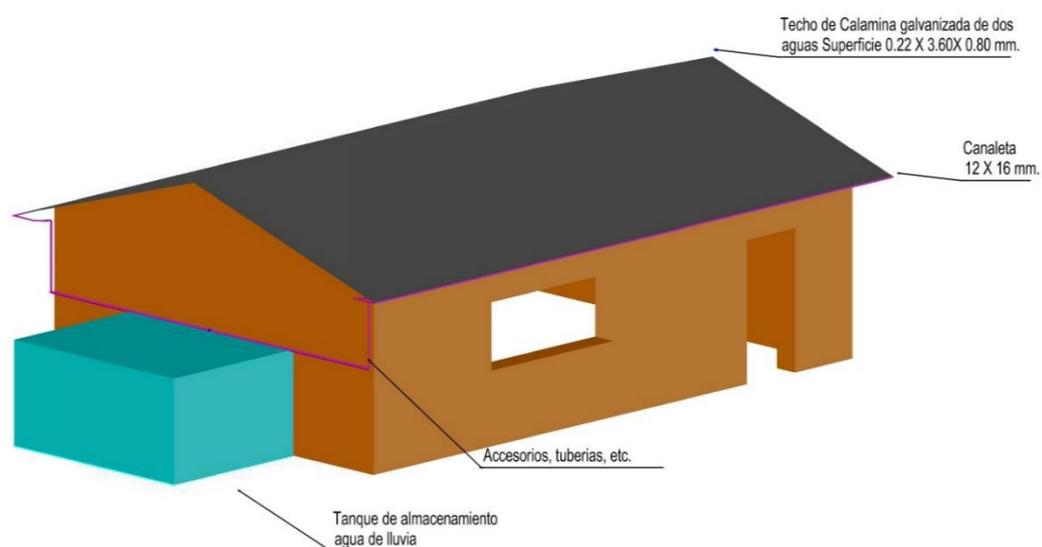
$$A_{ec} = \frac{73 \text{ m}^3}{580.6 \text{ mm}} = 125.73 \text{ m}^2$$

Entonces el área de captación para abastecer agua en la vivienda de una familia integrada por 4 personas anualmente es de 125.73 m^2 .

4.1.4. Diseño del sistema de conducción del agua captada

Figura 14

Esquema de los componentes del SCALL





En la figura 14 se muestra el esquema del sistema de recolección de agua de lluvia que tiene como principal componente un techo de cobertura en este caso de calamina (Las viviendas típicas en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno, del departamento de Puno – Perú son de calamina y muros de adobe y/o ladrillo), entre los demás componentes se encuentran el tanque de almacenamiento de agua de lluvia, las canaletas y las líneas de conducción (accesorios y tuberías de distintos diámetros y medidas).

Sistema de conducción del agua de lluvia

Para el diseño se considera los siguientes datos:

Longitud del cauce: 10.0m

Cota máxima: 3.5 m

Cota mínima: 2.4 m

Superficie de captación: 60.0 m²

$$60.0 \text{ m}^2 * \left(\frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \right)^2 * \frac{60.0 \text{ m} * \text{km}^2}{1000000} = 0.000060 \text{ km}^2$$

Precipitación máxima registrada diaria = 62 mm

Duración de la precipitación neta = 90 minutos (del pluviómetro)

Trabajamos en horas

$$90 \text{ min} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = 1.5 \text{ horas}$$

La pendiente media considerada = 0.06



Tiempo de concentración de agua

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

Estimación del tiempo en que ocurre el máximo escurrimiento con el empleo del tiempo de concentración

$$t_p = 2 * \sqrt{0.049} + (0.6 * 0.0049) = 0.14294 h$$

Sabiendo el tiempo de duración de la precipitación máxima, se tiene el tiempo en que ocurre el escurrimiento máximo

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

Tiempo para drenar el escurrimiento

$$t_b = 2.67(t_p)$$

Reemplazando:

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

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

El gasto máximo esperado para el área indicada

$$Q_p = \frac{0.278 * 62mm * 0.000060 km^2}{0.143 h} = 0.00723 m^3/s$$

$$Q_p = 7.23 \text{ litro/segundo}$$

$$Q_p = \frac{0.278 * 62mm * 0.000060km^2}{0.211h} = 0.00490 m^3/s$$

$$Q_p = 4.90 \text{ litro/segundo}$$

El gasto esperado es de 7.23 L/s

Estimación del área transversal de una canaleta rectangular y circular

para conducir 7.23 L/s

$$Q_p = 0.00723 \text{ m}^3/\text{s} = 7.23 \text{ L/s} \quad Q_p = 0.00723 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 7.23 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$V = 1.20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Con una pendiente del 6.0%

$$A = \frac{0.00723 \text{ m}^3/\text{s}}{1.2 \text{ m/s}} = 0.00602 \text{ m}^2 = 62 \text{ cm}^2$$

Tabla 15

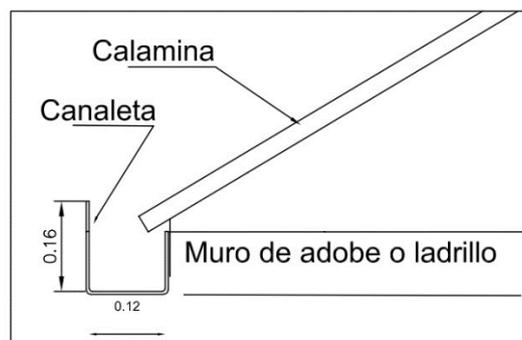
Dimensiones de la canaleta

Forma	Área hidráulica	Altura Tirante	Perímetro mojado	Radio hidráulico	Observaciones
Rectangular	0,16m ²	0,08m	0,12m	0,025	Dimensiones base = 0.12 tirante = 0.16

En la tabla 15 se aprecia el diseño de la canaleta rectangular de la propuesta de diseño de una sección transversal de 62 cm² con una base de 0.08 m.

Figura 15

Vista en elevación Canaleta



En la figura 15 se aprecia el diseño de la canaleta rectangular de la propuesta de diseño con una base de 0.08 m y un tirante de 0.16 m.

Diseño del almacenamiento del agua de lluvia captada

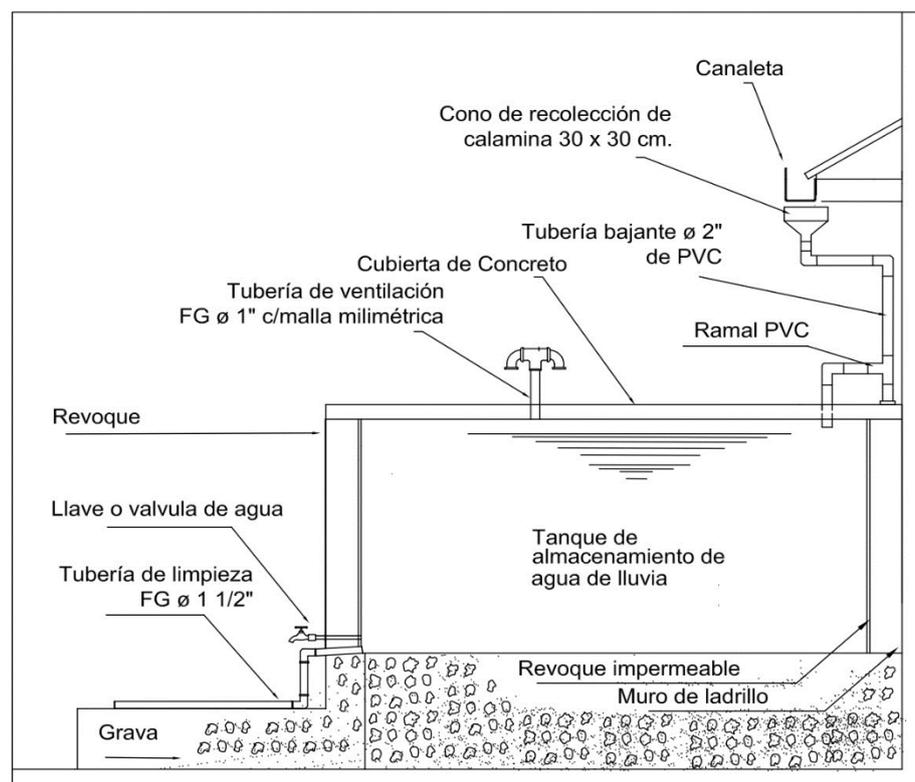
$$\text{Área de la cisterna: } A_c = 5.30 \times 5.30 = 28.09 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen: } V_c = 28.09 \text{ m}^2 \times 1.80 \text{ m} = 50.56 \text{ m}^3$$

Entonces para almacenar el agua de lluvia tendrá una capacidad de 50.56 m³ de agua.

Figura 16

Vista en elevación Vivienda con SCALL



4.1.5. Diseño del sistema de riego para el agua captada

Tipo de sistema:



Sistema de riego por goteo

Fuente de agua:

Agua de lluvia captada por el SCALL

Volumen y disponibilidad de agua:

50.56 m³ de agua.

Tipo de cultivo:

Papa (*Solanum tuberosum*)

De acuerdo a la Dirección Regional Agraria Puno (2023) del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno la papa es uno de los productos más rentables.

Tabla 16

Área de riego

Área de riego m ²	Área de riego Ha
1	0.0001
10	0.001
50	0.005
100	0.01
500	0.05
1000	0.1
5000	0.5
10000	1
50000	5
100000	10
500000	50
1000000	100
5000000	500



Materiales

Fertilizantes

Abono

Componentes y/o Equipamiento del sistema

Electrobomba o bomba solar

Válvulas: Válvula de control, Válvula de aire de simple efecto

Medidores

Línea de purga

Filtros: Filtro de anilla de 2 pulgadas

Válvula de control de 2 pulgadas

Distancia entre surcos: 0.80 metros

Cintas de riego de clase 15 mil

Laterales de riego principal y secundario

Accesorios: Tuberías, codos, ramales tipo “Y”, grifos, entre otros.

Bombeo del agua de lluvia almacenada

Cálculo del bombeo

$$D = K X^{0.25} \sqrt{Qb} \dots \text{ec. 1}$$

Donde:

K: coeficiente de acuerdo a la región = 1.3



X: # en horas = 24

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

$$Qb = \frac{0.003 * 24}{0.5} = 0.144 \text{ Litros/seg ... ec. 2}$$

Reemplazando:

$$D = 1.3 * \frac{0.5^{0.25}}{24} \sqrt{0.000144} = 0.0059 \text{ m}$$

Potencia de la bomba

$$Pb = \frac{H_{DT} * Qb * \gamma}{75n}$$

Donde:

Qb = Caudal de bombeo en m³/s

HDT = Altura dinámica en metros

n = eficiencia de la bomba

γ = peso específico del agua

$$Pb = \frac{8 * 0.000144 * 1000}{75 * 0.80} = 0.02 \text{ Hp} \cong 0.5 \text{ Hp}$$

Por lo tanto, se requiere una bomba de entre 0.5 a 1 Hp

Demanda de agua para el cultivo de la papa

Mediante la obtención de la evapotranspiración de cultivo ETc se determina la cantidad de agua que se puede disponer para el cultivo y según lo



obtenido en la recolección del Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL), se tienen los siguientes resultados:

Evapotranspiración de referencia (ET_o)

Se obtuvo mediante la fórmula de Hargreaves y Samani (1985).

$$ET_o = 0.0135 (T_{med} + 17.78) * Ra$$

Donde:

ET_o es la evapotranspiración potencial diaria (mm/día)

Ra es la radiación solar (mm/día) = 35.1

T_{media} es la temperatura media diaria (°C) = 8.23 °C

$$ET_o = 0.0135 (T_{med} + 17.78) * Ra$$

$$ET_o = 0.0135 (8.21 + 17.78) * 8.61 = 3.02 \text{ mm/día}$$

Evapotranspiración de cultivo (ET_c)

$$ET_c = ET_o * K_c$$

Donde:

ET_c es la evapotranspiración de cultivo (mm/día)

ET_o es la evapotranspiración potencial diaria (mm/día)

K_c es el coeficiente de cultivo



Tabla 17

Cedula de cultivo de papa

Fase del cultivo	Mes	Días	Eto mm	Eto mensual mm	Kc	Etc mm	Área m²	Demanda m³
Inicial	Octubre	31	3.02	93.62	0.05	4.68	1	0.005
Desarrollo	Noviembre	30	3.02	90.60	0.13	11.78	1	0.01
	Diciembre	31	3.02	93.62	0.22	20.60	1	0.02
Media	Enero	31	3.02	93.62	0.38	35.58	1	0.04
	Febrero	28	3.02	84.56	0.84	71.03	1	0.07
Final	Marzo	31	3.02	93.62	0.71	66.47	1	0.07
	Abril	30	3.02	90.60	0.46	41.68	1	0.04
Total						251.81		0.25

De acuerdo a la tabla la demanda de agua para el cultivo de la papa por m² es de 0.25 m³ de agua.

De acuerdo al agua de lluvia recolectada por el sistema SCALL en una casa es de 50.56 m³ de agua por lo que el área en m² que podría abastecer serian 200 m² de área de cultivo aproximadamente.

4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se tienen los resultados de la precipitación acumulada en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno, durante 20 años es de 10518.0 mm mientras que la precipitación anual es de 725.8 mm, de acuerdo con la investigación de Chino et al. (2016) realizada en la Comunidad Vilca Maquera del departamento de Puno tiene una precipitación total mensual de 721.44 mm y una precipitación mensual de 180.36 mm, mientras que en la investigación de Ruiz (2019) realizado en la ciudad de Huancayo departamento de Junín con una precipitación total mensual de 811.2 mm y una precipitación mensual de 67.61



mm, asimismo en la investigación de Hernández (2014) realizado en el caserío La Florida, del distrito de Huasmín, provincia de Celendín, departamento Cajamarca tiene una precipitación acumulada de 1220.69 mm y una precipitación mensual de 101.72 mm.

Se tienen los resultados considerando las dimensiones y tipos de viviendas en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno, según el área de captación de 60 m² de los techos de calamina y la precipitación pluvial neta de 580.6 mm y para el almacenamiento de agua de lluvia un cisterna con un volumen de 50.56 m³, de acuerdo a la investigación de Chino et al. (2016) realizada en la Comunidad Vilca Maquera del departamento de Puno donde se realizó un diseño de una canaleta de 0.016 m² para una área de captación de 120 m² y un volumen de almacenamiento de 50 m³, mientras que en la investigación de Ruiz (2019) realizado en la ciudad de Huancayo departamento de Junín donde se realizó un diseño de 3 canaletas de 0.10 m², 0.06 m² y 0.02 m² para un área de captación de 3316.94 m² y un volumen de almacenamiento de 2400 m³; asimismo, en la investigación de Hernández (2014) realizado en el caserío La Florida, del distrito de Huasmín, provincia de Celendín, departamento Cajamarca se diseñó considerando 2 áreas, la primera para una área de captación de 45 m² y un volumen de almacenamiento de 15 m³ y la segunda 50 m² y un volumen de almacenamiento de 17.5 m³.



V. CONCLUSIONES

PRIMERA. La precipitación acumulada en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno durante 20 años es de 10518.0 mm; mientras que, la precipitación anual es de 725.8 mm de acuerdo a las informaciones extraídos de las estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

SEGUNDA. Considerando las dimensiones y tipos de viviendas en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno, así mismo según el área de captación de los techos de calamina y la precipitación pluvial neta de 580.6 mm se propone un diseño de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia una canaleta rectangular capaz de conducir 7.23 litros por segundo, de una sección transversal de 62 cm² con una base de 0.08 m. con una pendiente del 6% y para el almacenamiento de agua de lluvia un cisterna con un volumen de 50.56 m³, asimismo el agua almacenada puede abastecer hasta 200 m² de área de cultivo de papa aproximadamente durante los 7 meses del periodo de siembra y cosecha.



VI. RECOMENDACIONES

- PRIMERA.** Se recomienda concientizar a los pobladores para la recolección y el aprovechamiento de agua de lluvia, debido a la gran importancia de ahorrar y conservar agua y este sea empleado en el uso doméstico o en este caso para el riego agrícola.
- SEGUNDA.** Se recomienda realizar investigaciones con la implementación del sistema SCALL en otros sectores, comunidades, distritos, de nuestro departamento de Puno, asimismo se recomienda emplear datos meteorológicos diferentes al empleado en esta investigación que se obtuvo del SENAMHI.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Cooperación Internacional del Japón - JICA. (2015). Guía técnica para cosechar el agua de lluvia. In *Igarss 2015* (Issue 1). <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Anaya, M., Pérez, A., López, N., & Martínez, I. (2021). Manual técnico - Sistemas de Captación del Agua de Lluvia (SCALL). In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2015). *Política Y Estrategia Nacional De Recursos Hídricos*.
- Avelar, R. J. U., Sánchez, B. J. R., Domínguez, A. A., Lobato, de L. C. C., & Mancilla, V. O. R. (2019). *Validación de un prototipo de sistema captación de agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano*. 53–60. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019005000302>
- Azabache, Y., Rojas, K., Irigoín, S., Rodríguez, R., & Quispe, B. (2020). Propuesta de un sistema hidráulico de reutilización de las aguas grises que disminuiría el consumo de agua potable en viviendas familiares. *Manglar*, 17(2), 169–176. <https://doi.org/10.17268/manglar.2020.026>
- Belizario, G. (2014). *Impactos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Belizario, G. (2015). Efectos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú. *Rev. Investig. Altoandin.*, 17(1), 47–52. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18271/ria.2015.77>
- Belizario, G. (2020). *Influencia del tipo de flujo en la modelización hidraulica en simulación de inundaciones de la subcuenca del río Karimayo, Puno, 2020*. Universidad Alas Peruanas.
- Belizario, G. (2021). *Epistemología ambiental aplicada al cambio climático y su impacto en la agricultura* (ILAE (ed.); Primera Ed). Instituto Latinoamericano de Altos Estudios.



- Belizario, G., Huaquisto, E., & Chirinos, T. (2013a). Efectos del cambio climático en la temperatura y precipitación - Capachica, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 15(4), 15–24.
- Belizario, G., Huaquisto, E., & Chirinos, T. (2013b). Influencia del cambio climático en los elementos climáticos de la cuenca del río Coata-Puno. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 15(1), 35–54.
- Calle, M. S. E. (2023). Diseños de investigación cualitativa y cuantitativa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 1865–1879.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7016
- CARE International - Avina. (2012). Sistemas de saneamiento ambiental. *Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades.*, 146.
- Chalco, M. G. F. (2016). *Evaluación, analisis y diseño de un sistema de captación de agua de lluvia en viviendas rurales en Molino - Juli.*
- Chavez, E., & Mayhua, C. (2019). *Diseño De Un Sistema De Reutilizacion De Aguas Grises Y Aprovechamiento De Aguas Pluviales Para Un Proyecto Urbanismo De 12 Hectareas Ubicado En El Distritio De Pimentel - Chiclayo - Lambayeque.* 1–163.
- Chino, M., Velarde, E., & Espinoza, J. (2016). Captación de agua de lluvia en cobertura de viviendas rurales para consumo humano en la Comunidad de Vilca Maquera, Puno-Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 18(3), 365–373.
- Cvetkovic, V. A., Maguiña, J. L., Alonso, S., Lama, V. J., & Correa, L. L. E. (2021). *Estudios Transversales.* 21(January), 179–185.
<https://doi.org/10.25176/RFMH.v21i1.3069>
- Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano - DS N° 031-2010-SA.*
- Dirección Regional Agraria Puno. (2023). *Dirección Regional Agraria Puno.*
<https://www.agropuno.gob.pe/>
- Hernández, L. (2014). *Sistema De Aprovechamiento De Agua De Lluvia Para El*



Abastecimiento De Agua Potable En El Caserío La Florida, Huasmín, Celendin, Cajamarca. *Universidad Privada Del Norte*, 12.

Laguía, L. (2018). *Captación de agua en una comunidad del amazonas peruano*.

Madrid, N. (2016). *Factibilidad del reciclado de agua de tanques de tormenta para otros usos urbanos*.

Ministerio de Agricultura - Autoridad Nacional del Agua. (2010). Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338. In *Ministerio de Agricultura*.

Moscoso, J. (2016). Manual de buenas prácticas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales domésticas. *Ministerio de Agricultura y Riego*, 230. http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/manual_de_buenas_practicas_para_el_uso_seguro_y_productivo_de_las_aguas_residuales_domesticas.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2000). *La alimentación y la agricultura en el mundo: enseñanzas de los cincuenta últimos años*. <http://www.fao.org/docrep/017/x4400s/x4400s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Oficina Regional De La FAO Para America Latina Y El Caribe. (2013). Captación Y Almacenamiento De Agua De Lluvia. In *Santiago de Chile*. <https://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf>

Ortiz, W., & Velandia, W. (2017). Propuesta para la captacion y uso de agua de lluvia en las instalaciones de la Univercidad Catolica de Colombia a partir de un modelo fisico de recoleccion de agua. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1(1), 1188–1197. [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15502/1/5_TRABAJO DE GRADO..pdf%0Ahttps://osf.io/nf5me%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2015.01.012%0Ahttps://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1047840X.2017.1373546%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.li](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15502/1/5_TRABAJO_DE_GRADO..pdf%0Ahttps://osf.io/nf5me%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2015.01.012%0Ahttps://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1047840X.2017.1373546%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.li)

Pedroza, S. A., Chávez, R. J. A., & Trejo, C. R. (2014). Sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL) y bioproductividad en comunidades marginadas de zonas áridas. *Atmospheric Sciences*, November.



https://www.researchgate.net/publication/268576774_sistemas_de_captacion_de_agua_de_lluvia_scall_y_bioproductividad_en_comunidades_marginadas_de_zonas_aridas

Posadas, B. A. (2015). *Sistema de cosecha de agua pluvial y reutilización de aguas grises de regadera en vivienda unifamiliar*. 104.

Ramos, G. C. A. (2021). Alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1–6.
<https://doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>

Ruiz, M. A. R. (2019). Aprovechamiento hídrico y sistema de captación de agua pluvial en techos de la facultad de ingeniería de la universidad peruana los Andes-Huancayo. *Universidad Peruana Los Andes*, 282.
<https://blog.structuralia.com/sistemas-de-recogida-de-agua-de-lluvia>

Salinas, L. J. C., Cavazos, G. R. A., & Vera, H. J. A. (2016). Evaluación de un sistema de captación de agua de lluvia en la zona metropolitana de Monterrey, para su aprovechamiento como medio alternativo. *Ingeniería*, 20(1), 1–13.
<https://www.redalyc.org/pdf/467/46750927001.pdf>

Sánchez, C. H., Reyes, R. C., & Mejía, S. K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística* (Primera Ed). Universidad Ricardo Palma.
<https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>

Structuralia. (2021). *5 Sistemas De Recogida De Agua De Lluvia*.
<https://blog.structuralia.com/sistemas-de-recogida-de-agua-de-lluvia>

Ticona, W. (2017). *Propuesta de diseño de la captacion de agua de lluvia mediante coberturas en las viviendas rurales, con fines de consumo domestico en la comunidad Pucajrani Tiracollo- Ilave*.

Torres, R. H. (2019). La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 40(2), 125–139.

Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural. (2001). Guía de diseño para captacion del agua de lluvia. *Cepis*, 1(1), 18.
http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/monte_carlo/monte_carlo.htm



?iframe=true&width=95%25&height=95%25

Velasquez, C. J. M. (2021). *Sistema De Captacion Y Tratamiento De Agua De Lluvia Por Canaletas En Coberturas Impermeables De Viviendas Rurales En El Centro Poblado De Inchupalla*. 97.



ANEXOS

ANEXO 1

Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Operacionalización de variables:	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN
¿Cómo es la propuesta de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia en el con fines de riego en el departamento de Puno?	Realizar una propuesta de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia con fines de riego en el departamento de Puno.	La propuesta de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia garantiza una gestión del agua de cantidad para el riego en el departamento de Puno.	Variable 1 Sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Es no experimental Es transversal
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Dimensiones Tipo de sistema	ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN: Es cuantitativa
PE1: ¿Cómo determinar la precipitación acumulada y mensual en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno?	OE1: Determinar la precipitación acumulada y mensual en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno.	HE1: La precipitación acumulada y mensual en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno es suficiente para dotar agua para los cultivos en base de datos del SENAMHI.	Indicadores Sistema de Captación de Agua de Lluvia SCALL	NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Es descriptivo
PE2: ¿Cómo proponer un diseño de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Puno del departamento de Puno?	OE2: Proponer un diseño de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia con fines de riego en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno.	HE2: Si se podrá proponer un diseño de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia con fines de riego en el Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno del departamento de Puno.	Variable 2. Precipitación del sector de estudio	MUESTRA La muestra está conformada por las viviendas de pobladores del Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata, provincia de Puno, departamento de Puno - Perú, que emplearan el sistema de captación de agua de lluvia, aproximadamente entre 30 familias.
			Dimensiones Precipitación mensual y anual	
			Indicadores Datos de precipitación, temperatura obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI	

ANEXO 2

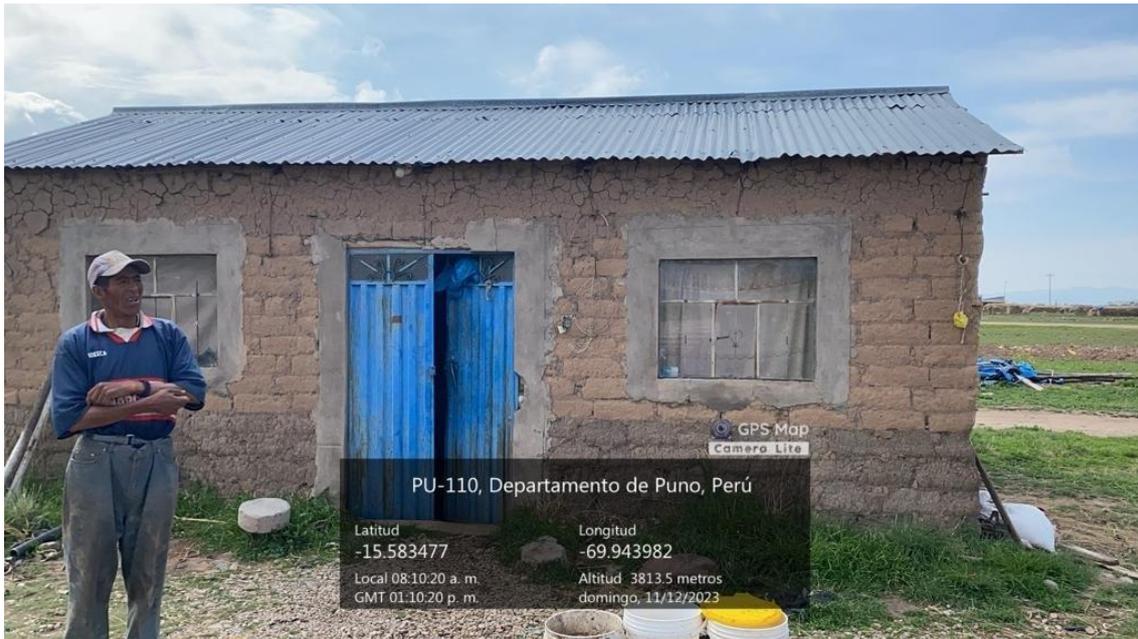
Panel fotográfico



Fotografía 01. Inicio del Recorrido para el reconocimiento y diagnóstico de las viviendas en la Sector Putucuni Pata de la Comunidad Campesina de Carata del distrito de Coata.



Fotografía 02. Condiciones actuales de las viviendas del Sector Putucuni Pata - C.C. Carata.



Fotografía 03. *Reconocimiento del estado actual de las viviendas del Sector Putucuni Pata – Comunidad Campesina de Carata.*



Fotografía 04. *Toma de datos de los pobladores para la evaluación del estudio en el Sector Putucuni Pata – C.C. Carata.*



Fotografía 05. Verificación de las condiciones actuales de las viviendas para la consignación del estudio en el Sector Putucuni Pata – C.C. Carata.



Fotografía 06. Consignación y concientización con la población del estudio en el Sector Putucuni Pata – C.C. Carata.



Fotografía 07. *Condiciones actuales de las viviendas para evaluación de la propuesta de captación y aprovechamiento de agua de lluvia en el Sector Putucuni Pata – C.C. Carata.*



Fotografía 08. *Situación actual de las viviendas en el Sector Putucuni Pata – C.C. Carata.*



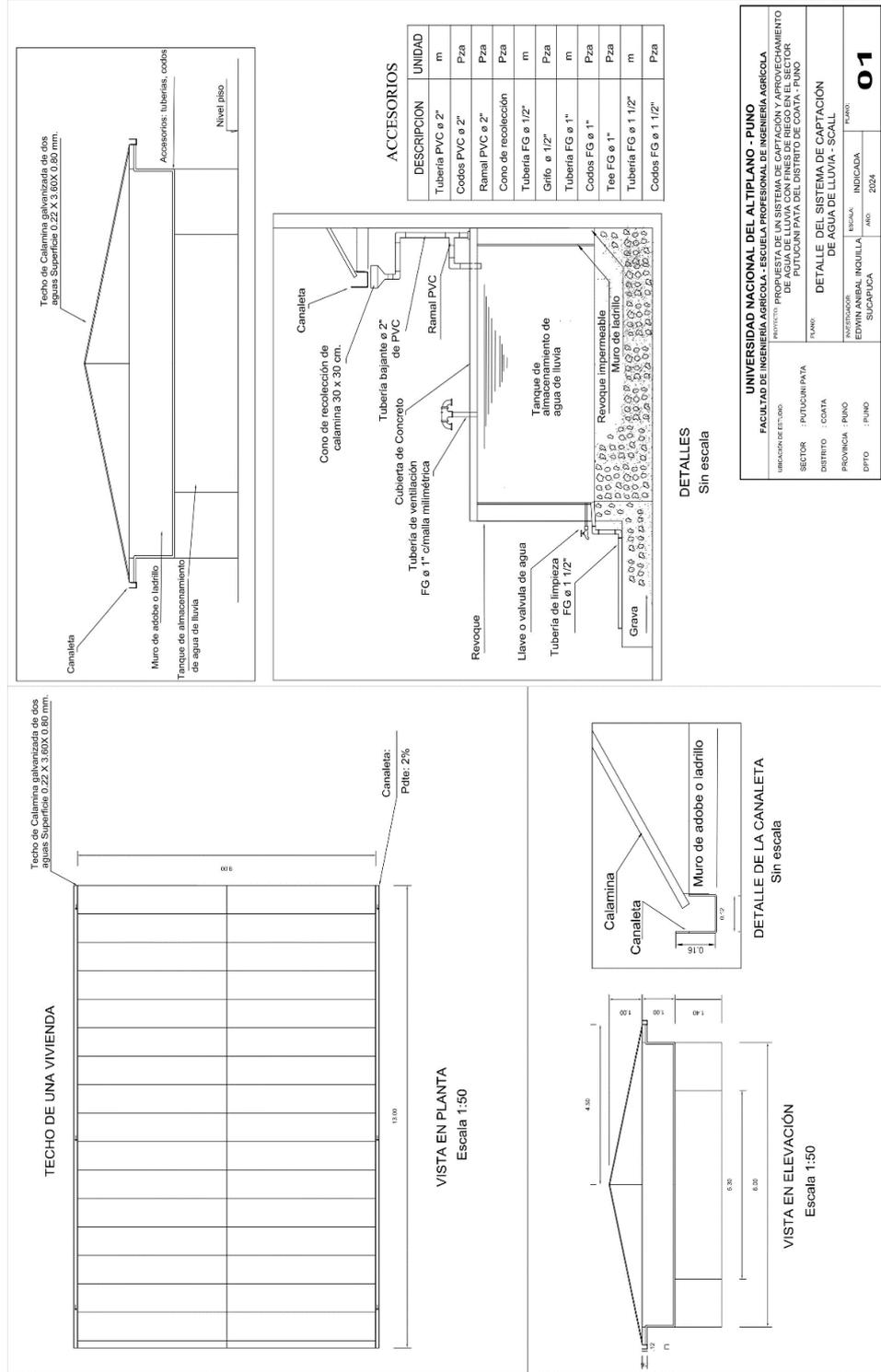
Fotografía 09. *Escenario del Centro Comunal del Sector Putucuni Pata – C.C. Carata.*



Fotografía 10. *Verificación de las condiciones actuales de las viviendas para el desarrollo del estudio en el Sector Putucuni Pata – C.C. Carata*

ANEXO 3

Plano del diseño del SCALL



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO		FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA	
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA		FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA	
PROYECTO: PROYECTO DE UN SISTEMA DE CAPTACION Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA CON FINES DE RIEGO EN EL SECTOR PUTUCUNI PATA DEL DISTRITO DE COATA - PUNO			
PLANO:		DETALLE DEL SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA - SCALL	
UBICACION DEL DISEÑO	SECTOR	INVESTIGADOR	PLANO
: PUTUCUNI PATA	: COATA	EDWIN ANIBAL INQUILLA SUCAPUCA	01
DISTRITO	PROVINCIA	INDICADA	ANO
: PUNO	: PUNO	: 2024	



ANEXO 4

Temperatura máxima - SENAMHI

Tabla 18

Temperatura máxima de enero a junio

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
2000	16.8	16.0	15.4	16.2	16.6	17.2
2001	15.0	16.2	16.2	16.0	16.4	16.4
2002	17.6	15.8	16.2	16.2	16.0	15.2
2003	16.0	17.2	15.8	16.2	16.2	16.0
2004	16.0	16.4	17.6	17.0	16.4	16.2
2005	18.0	16.2	17.2	17.8	18.4	16.4
2006	17.2	17.2	18.2	17.0	16.6	16.4
2007	18.6	18.0	17.2	16.8	17.6	17.2
2008	17.8	17.6	17.4	17.8	17.0	16.2
2009	16.8	17.6	16.6	16.6	16.4	15.4
2010	17.4	17.4	18.6	19.0	18.4	17.2
2011	18.6	15.4	15.8	15.8	16.6	18.4
2012	15.4	15.2	16.2	15.2	16.8	17.4
2013	16.6	17.2	17.2	17.0	16.0	17.4
2014	16.6	16.8	17.6	17.2	18.0	S/D
2015	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2016	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2017	16.2	18.8	15.4	16.8	16.2	17.0
2018	17.4	16.6	16.8	16.6	16.2	15.2
2019	18.2	17.8	17.8	17.0	19.2	16.2
2020	18.8	18.2	16.4	0.0	0.0	0.0

Nota: Elaborado en base de los datos del SENAMHI (2020)



Tabla 19

Temperatura máxima de junio a diciembre

Año	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2000	15.4	18.2	18.6	16.4	18.4	17.6
2001	15.4	15.8	16.4	17.6	19.0	17.0
2002	15.4	15.4	16.6	16.4	16.8	16.8
2003	16.2	15.4	16.2	19.8	20	20.4
2004	15.6	17	16.4	18.4	18.4	18.2
2005	17.6	17.2	17.4	17.6	18.8	18.2
2006	16.2	16.2	17.2	17.4	18.4	19.4
2007	17.4	17.6	16.2	18.6	18.4	17.6
2008	15.4	16.4	18.8	17.8	17.8	17.2
2009	17.4	18.2	19.0	19.6	19.0	18.0
2010	19.2	17.0	18.2	19.2	19.0	18.6
2011	15.6	17.6	17.6	17.8	19.4	19.0
2012	17.6	16.2	17.6	18.4	19.6	16.8
2013	16.4	16.0	18.2	19.6	19.6	18.0
2014	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2015	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2016	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2017	15.8	17.6	17.6	19.2	20.2	17.8
2018	16.8	17.2	18.6	19.0	19.8	20.0
2019	17.4	17.8	19.2	19.4	18.4	18.4
2020	18.2	20.2	18.6	19.6	20.6	19.6

Nota: Elaborado en base de los datos del SENAMHI (2020)



ANEXO 5

Temperatura promedio - SENAMHI

Tabla 20

Temperatura máxima promedio de enero a julio

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
2000	13.6	13.4	13.8	14.4	14.6	13.6	12.9
2001	13.1	13.4	13.7	14.4	14.0	13.8	13.0
2002	14.8	13.4	13.9	13.9	13.7	13.5	12.8
2003	14.0	14.9	13.8	14.7	13.9	13.5	13.2
2004	14.0	14.8	15.8	15.4	15.1	13.6	13.4
2005	15.1	14.2	15.7	16.0	15.9	14.7	15.5
2006	14.5	15.4	15.6	15.3	15.3	15.3	14.6
2007	15.7	15.8	15.1	15.5	15.6	15.6	14.5
2008	15.0	16.0	14.6	15.3	14.3	14.1	13.9
2009	14.3	14.6	14.7	13.9	14.3	13.8	14.1
2010	14.9	15.2	15.4	15.9	15.4	15.2	16.0
2011	14.7	12.8	13.6	14.4	14.4	14.7	13.5
2012	13.4	12.8	13.4	13.9	14.3	14.3	14.3
2013	14.5	14.5	15.4	15.4	14.3	13.3	13.4
2014	14.4	15.0	15.7	15.5	15.3	S/D	S/D
2015	S/D						
2016	S/D						
2017	14.2	15.2	14.0	15.1	14.6	15.7	14.2
2018	14.7	14.0	14.6	15.0	14.6	13.2	13.9
2019	15.6	15.0	15.8	15.4	15.3	14.0	14.0
2020	15.8	15.3	15.3	S/D	S/D	S/D	16.0
PROM	14.5	14.5	14.7	15.0	14.7	14.2	14.1

Nota: Elaborado en base de los datos del SENAMHI (2020)



Tabla 21

Temperatura máxima promedio de agosto a diciembre

Año	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Promedio
2000	14.1	15.5	14.1	16.6	14.6	14.3
2001	13.6	14.8	15.1	16.3	14.5	14.1
2002	13.9	14.4	14.4	15.1	15.0	14.1
2003	13.6	14.5	16.3	17.0	16.7	14.7
2004	14.2	15.1	15.8	16.6	15.8	15.0
2005	15.3	15.3	15.3	16.2	16.0	15.4
2006	15.3	15.6	16.1	15.9	16.4	15.4
2007	15.9	14.9	16.6	16.0	15.7	15.6
2008	14.2	15.8	15.3	16.4	14.5	15.0
2009	14.8	16.2	16.9	16.3	16.0	15.0
2010	15.4	16.0	16.5	17.1	13.6	15.5
2011	15.2	14.4	15.6	16.6	14.3	14.5
2012	14.7	15.2	16.4	16.2	15.0	14.5
2013	14.1	16.2	16.0	16.8	15.2	14.9
2014	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	15.2
2015	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2016	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
2017	15.5	14.6	16.2	17.4	15.9	15.2
2018	14.5	16.1	16.1	17.6	16.2	15.0
2019	15.2	16.5	16.1	15.8	16.6	15.4
2020	16.7	14.7	15.8	18.3	16.4	16.0
PROM	14.8	15.3	15.8	16.6	15.5	15.0

Nota: Elaborado en base de los datos del SENAMHI (2020)



ANEXO 6

Precipitación total mensual - SENAMHI

Tabla 22

Precipitación total mensual de enero a julio

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
2000	159.1	156.3	169.1	9.5	20.0	0.0	1.0
2001	213.7	176.9	219.4	75.4	9.0	2.6	12.2
2002	105.3	225.1	168.6	94.9	12.0	2.0	16.7
2003	236.7	151.5	171.3	49.2	18.3	6.8	2.4
2004	205.6	182.9	105.6	48.9	6.2	0.8	12.7
2005	112.8	217.1	99.6	24.5	0.0	0.0	0.0
2006	270.6	64.1	134.1	34.5	0.6	6.8	0.0
2007	79.4	24.7	168.5	49.0	4.8	0.0	3.2
2008	208.6	77.6	124.9	0.0	0.0	0.0	0.0
2009	98.7	156.6	96.8	52.6	0.8	0.0	3.5
2010	172.1	182.6	44.6	35.6	14.3	0.0	0.0
2011	110.8	227.0	98.3	25.1	2.3	0.0	6.6
2012	179.5	229.4	158.8	25.1	0.0	3.4	0.0
2013	162.5	237.3	158.7	12.9	7.7	5.1	9.2
2014	163.9	91.7	105.1	34.9	0.0	0.0	1.2
2015	160.1	122.6	192.7	101.6	2.0	0.0	5.0
2016	101.1	203.7	33.0	62.1	0.0	0.0	0.0
2017	166.5	86.5	135.0	66.2	42.2	0.0	7.5
2018	186.7	162.9	140.2	33.0	0.0	0.0	0.0
2019	90.6	119.7	91.5	59.0	12.5	13.2	15.6
2020	105.7	270.9	60.9	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	3290.0	3367.1	2676.7	894.0	152.7	40.7	96.8

Nota: Elaborado en base de los datos del SENAMHI (2020)



Tabla 23

Precipitación total mensual de agosto a diciembre

Año	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
2000	35.2	10.7	84.1	0.0	65.0	515.0
2001	18.5	41.5	71.9	37.1	106.5	709.2
2002	12.0	65.0	145.4	88.6	111.0	624.6
2003	3.4	43.7	31.5	25.6	134.8	636.2
2004	23.7	39.8	17.2	29.2	89.5	562.7
2005	2.6	34.6	74.9	67.7	101.4	454.0
2006	9.2	32.0	25.9	69.0	65.5	510.7
2007	6.4	41.5	9.0	65.9	138.3	329.6
2008	0.0	0.0	44.0	12.4	172.9	411.1
2009	0.0	5.0	33.5	72.1	72.5	409.0
2010	1.4	6.4	30.5	0.0	185.4	449.2
2011	0.0	25.2	6.5	57.8	197.0	470.1
2012	13.3	1.2	11.0	36.8	173.5	596.2
2013	11.6	12.2	58.1	33.3	165.3	593.4
2014	11.8	97.4	53.7	19.9	95.2	396.8
2015	3.4	38.3	64.9	2.0	62.1	584.0
2016	0.0	0.0	0.0	0.0	73.4	399.9
2017	0.0	79.4	63.1	32.6	64.9	503.9
2018	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	522.8
2019	0.0	28.1	55.0	98.8	53.1	402.1
2020	0.6	33.0	47.7	0.0	131.8	437.5
TOTAL	153.1	635.0	927.9	748.8	2259.1	10518.0

Nota: Elaborado en base de los datos del SENAMHI (2020)



ANEXO 7

Precipitación promedio mensual - SENAMHI

Tabla 24

Precipitación promedio mensual de enero a julio

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
2000	159.1	156.3	169.1	9.5	20.0	0.0	1.0
2001	213.7	176.9	219.4	75.4	9.0	2.6	12.2
2002	105.3	225.1	168.6	94.9	12.0	2.0	16.7
2003	236.7	151.5	171.3	49.2	18.3	6.8	2.4
2004	205.6	182.9	105.6	48.9	6.2	0.8	12.7
2005	112.8	217.1	99.6	24.5	0.0	0.0	0.0
2006	270.6	64.1	134.1	34.5	0.6	6.8	0.0
2007	79.4	24.7	168.5	49.0	4.8	0.0	3.2
2008	208.6	77.6	124.9	0.0	0.0	0.0	0.0
2009	98.7	156.6	96.8	52.6	0.8	0.0	3.5
2010	172.1	182.6	44.6	35.6	14.3	0.0	0.0
2011	110.8	227.0	98.3	25.1	2.3	0.0	6.6
2012	179.5	229.4	158.8	25.1	0.0	3.4	0.0
2013	162.5	237.3	158.7	12.9	7.7	5.1	9.2
2014	163.9	91.7	105.1	34.9	0.0	0.0	1.2
2015	160.1	122.6	192.7	101.6	2.0	0.0	5.0
2016	101.1	203.7	33.0	62.1	0.0	0.0	0.0
2017	166.5	86.5	135.0	66.2	42.2	0.0	7.5
2018	186.7	162.9	140.2	33.0	0.0	0.0	0.0
2019	90.6	119.7	91.5	59.0	12.5	13.2	15.6
2020	105.7	270.9	60.9	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL	156.7	160.3	127.5	42.6	7.3	1.9	4.6

Nota: Elaborado en base de los datos del SENAMHI (2020)



Tabla 25

Precipitación promedio mensual de agosto a diciembre

Año	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Acumulado
2000	35.2	10.7	84.1	0.0	65.0	365.8
2001	18.5	41.5	71.9	37.1	106.5	379.4
2002	12.0	65.0	145.4	88.6	111.0	404.0
2003	3.4	43.7	31.5	25.6	134.8	373.7
2004	23.7	39.8	17.2	29.2	89.5	367.2
2005	2.6	34.6	74.9	67.7	101.4	381.0
2006	9.2	32.0	25.9	69.0	65.5	367.9
2007	6.4	41.5	9.0	65.9	138.3	378.0
2008	0.0	0.0	44.0	12.4	172.9	372.9
2009	0.0	5.0	33.5	72.1	72.5	365.4
2010	1.4	6.4	30.5	0.0	185.4	372.3
2011	0.0	25.2	6.5	57.8	197.0	382.9
2012	13.3	1.2	11.0	36.8	173.5	374.6
2013	11.6	12.2	58.1	33.3	165.3	382.3
2014	11.8	97.4	53.7	19.9	95.2	382.0
2015	3.4	38.3	64.9	2.0	62.1	364.3
2016	0.0	0.0	0.0	0.0	73.4	348.2
2017	0.0	79.4	63.1	32.6	64.9	376.2
2018	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	336.3
2019	0.0	28.1	55.0	98.8	53.1	375.7
2020	0.6	33.0	47.7	0.0	131.8	372.2
TOTAL	7.3	30.2	44.2	35.7	107.6	60.5

Nota: Elaborado en base de los datos del SENAMHI (2020)}



ANEXO 8

Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo EDWIN ANÍBAL INQUILLA SUCAPUCA
identificado con DNI 70366573 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERÍA AGRÍCOLA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
“ PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO
DE AGUA DE LLUVIA CON FINES DE RIEGO EN EL SECTOR
PUTUCUNI PATA DEL DISTRITO DE COATA - PUNO ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 25 de ENERO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 9

Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo EDWIN ANÍBAL INQUILLA SUCAPUCA,
identificado con DNI 70366573 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA AGRÍCOLA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO
DE AGUA DE LLUVIA CON FINES DE RIEGO EN EL SECTOR
PUTUCUNO PATA DEL DISTRITO DE COATA - PUNO "

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 25 de ENERO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella