

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Modelo y construcción de un sistema de cosecha de agua de
lluvia purificada para consumo humano en la ciudad de
Puquio**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Rodrigo Jesús Aliaga Espinoza

Asesor:

Mg. Reymundo Jaulis Palomino

Lima, mayo del 2023

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

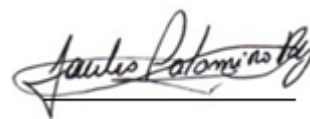
Mg. Reymundo Jaulis Palomino, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión,

DECLARO:

Que la presente investigación titulada “**Modelo y Construcción de un sistema de cosecha de agua de lluvia purificada para consumo humano en la ciudad de Puquio**” constituye la memoria que presenta el Bach. **Aliaga Espinoza Rodrigo Jesús**, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, y que ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en esta investigación son de entera responsabilidad del(los) autor(es), sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 21 días del mes de mayo del año 2023



Mg. Reymundo Jaulis Palomino
Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **20** día(s) del mes de **abril** del año 2023 siendo las **11:00 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Leonel Chahuares Paucar**, el secretario: **Ing. Ferrer Canaza Rojas** y los demás miembros: **Ing. David Diaz Garamendi** y el asesor **Mg. Reymundo Jaulis Palomino** con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Modelo y construcción de un sistema de cosecha de agua de lluvia purificada para consumo humano en la ciudad de Puquio"

.....de el(los)/la(las) bachiller/es: a) **RODRIGO JESÚS ALIAGA ESPINOZA**

.....b)

.....conducente a la obtención del título profesional de:.....

.....**INGENIERO CIVIL**.....

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado. Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): **RODRIGO JESÚS ALIAGA ESPINOZA**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literar	Cualitativa	
APROBADO	14	C	ACEPTABLE	BUENO

Candidato (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literar	Cualitativa	

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

 Presidente
 Mg. Leonel
 Chahuares
 Paucar


 Secretario
 Ing Ferrer
 Canaza Rojas

 Asesor
 Mg. Reymundo
 Jaulis Palomino

 Miembro
 Ing. David Diaz
 Garamendi

 Miembro

 Candidato/a (a)
 Rodrigo Jesús
 Aliaga Espinoza

 Candidato/a (b)

DEDICATORIA

A Dios,

A mis padres por haberme guiado por el buen camino les
dedico mi esfuerzo y trabajo para llevar a cabo esta
investigación.

AGRADECIMIENTOS

Infinitamente agradecido con Dios, por permitirme lograr una meta más en mi vida académica. A mis padres, que fueron un apoyo constante en mi formación, sus consejos y oraciones me dieron las fuerzas para alcanzar este objetivo.

Agradecimiento especial a mis hermanos de la IASD Puquio por su apoyo para llevar a cabo esta investigación.

A los docentes, amigos y compañeros que me acompañaron en mi vida universitaria.

Por último, a mi asesor el Mg. Reymundo Jaulis Palomino y dictaminadores por su acompañamiento y consejería para la realización de este trabajo

INDICE

1.	Introducción.....	2
2.	Materiales y métodos	3
2.1	Proceso metodológico:	3
2.2	Área de estudio	4
3.	Resultados y discusión	4
3.2	Estudio hidrológico.....	4
3.3	Tratamiento estadístico	5
3.3.1	Elección de la distribución probabilidad teórica.....	6
3.3.2	Elección del periodo de retorno	6
3.4	Volumen de almacenamiento:	7
3.4.1	Cálculo del volumen de almacenamiento.....	7
3.5	Interceptor de primeras aguas	8
3.6	Área de captación	9
3.7	Sistema colector.....	9
3.7.2	Cálculo del caudal de drenaje	9
3.7.3	Cálculo del tirante crítico y velocidad del flujo.....	10
3.8	EETT de la construcción del sistema de cosecha de agua de lluvia.....	10
3.8.2	Área de captación	11
3.8.3	Sistema colector	12
3.8.4	Sistema de almacenamiento.....	13
3.8.5	Sistema interceptor de primeras aguas	13
3.8.6	Prueba hidráulica	14
3.9	Tratamiento.....	14
3.9.2	Extracción muestral	14
3.10	Evaluación de la calidad de agua.....	15
3.11	Presupuesto del proyecto.....	16
4.	Conclusiones y recomendaciones	17

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Proceso metodológico de la investigación.....	3
Figura 2	Ubicación geográfica de la zona de estudio	4
Figura 3.	Registro histórico de precipitaciones máx. en 24 hrs.....	5
Figura 4.	Tratamiento estadístico de datos en hidrognomon 4.0	6
Figura 5.	Distribución de probabilidad teórica	6
Figura 6.	Volúmenes de agua para un área de captación de 33.98m ²	8
Figura 7.	Cálculo del tirante crítico y velocidad del flujo en hcanales 3.0	10
Figura 8.	Plano de IISS y Arquitectura de la vivienda	11
Figura 9.	Programación de actividades del proyecto.....	11
Figura 10.	Área de captación del sistema	12
Figura 11.	Sistema colector del sistema	12
Figura 12.	Sistema de almacenamiento	13
Figura 13.	Interceptor de primeras aguas	13
Figura 14.	Extracción de la muestra	14
Figura 15.	Presupuesto del proyecto	16
Figura 16.	Volumen de abastecimiento acumulada	20
Figura 17.	Volumen de demanda acumulada mensual.....	20
Figura 18.	Volúmenes de agua para un área de 33.98 m ²	20

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de la vivienda	4
Tabla 2. Cálculo de la población futura.....	5
Tabla 3. Precipitaciones para diferentes periodos de retorno....	7
Tabla 4. Determinación del área mínima de captación	9
Tabla 5. Cuadro de resultados de laboratorio.....	15

Modelo y construcción de un sistema de cosecha de agua de lluvia purificada para consumo humano en la ciudad de Puquio

Model and construction of a purified rainwater harvesting system for human consumption in the city of Puquio

Autor para correspondencia: Rodrigo Jesús Aliaga Espinoza, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5020-8043>, Universidad Peruana Unión, Ayacucho, Perú, rodrigoaliaga@upeu.edu.pe

Resumen

Actualmente la población objeto de estudio enfrenta un grave problema de desabastecimiento de agua debido a que no cuentan con el servicio de agua potable y el suministro actual les provee agua no apta para el consumo. Ante esta problemática el presente artículo valida una metodología de modelo y construcción de un sistema de recolección de agua de lluvia" purificada para consumo humano implementado en una vivienda rural en la ciudad de Puquio. La metodología aplicada se basa en el cálculo de la población futura, el tratamiento estadístico de los datos de precipitación de una estación pluviométrica de la zona obtenida del sistema nacional de información de recursos hídricos (SNIRH) para un periodo de retorno de 10 años con el uso del software hydrognomon 4.0, el modelado de los componentes del sistema, la construcción del modelo en físico y su funcionamiento una vez instalado en la vivienda. De los resultados del análisis fisicoquímico y bacteriológico se determinó que el agua de lluvia recolectada por el sistema podrá ser aprovechada para diferentes usos potables debiéndose incorporar un tratamiento adecuado antes de su consumo.

Palabras clave: hidrología, saneamiento, precipitaciones, análisis de datos, medio rural

Abstract

Currently, the population under study presents a serious problem of water shortages because they do not have drinking water service and the current supply provides them with water that is not suitable for consumption. Faced with this problem, this article validates a methodology for the model and construction of a prototype "rainwater harvesting system" purified for human consumption implemented in a rural dwelling in the city of Puquio. The applied methodology is based on the calculation of the future population, the statistical treatment of

precipitation data from a pluviometric station in the area obtained from the national water resources information system (SNIRH) for a return period of 10 years with the use of the hydrognomon 4.0 software, the modeling of the system components, the construction of the physical model and its operation once installed in the house. From the results of the physicochemical and bacteriological analysis, it will be extended that the rainwater collected by the system can be used for different drinking uses, and a conventional treatment must be incorporated before its consumption.

Keywords: hydrology, sanitation, precipitation, data analysis, rural environment

1. Introducción

Las brechas en el acceso a fuentes de abastecimiento de agua y saneamiento, el crecimiento demográfico, el uso intensivo de agua, la mayor variabilidad de las precipitaciones y la contaminación son factores que se conjugan en muchos lugares transformando al agua en uno de los principales riesgos para el progreso económico, la erradicación de la pobreza y el desarrollo sostenible. (Banco mundial birf-aif, 2022).

Una alternativa de solución tecnológica muy común ante la falta de agua en zonas rurales es la implementación de una técnica conocida como cosecha de agua de lluvia usada sobre todo en lugares con condiciones climatológicas favorables.

La recolección de agua de lluvia es un método que se ha desarrollado desde la antigüedad el cual consiste en captar toda el agua posible dependiendo de la climatología del sector para luego ser reutilizada en tiempos de sequía (Solano, Gonzaga, Espinoza, & Espinoza, 2017)

Según el instituto nacional de estadística e informática del Perú el 23.7 % de la población rural no tiene acceso al agua de una red pública de los cuales en su mayoría 15% acceden por ríos, acequia o manantiales u otras fuentes” (INEI, 2020). Al no haber una fuente de agua segura, la población opta por abastecerse de una fuente de agua contaminada lo que no es recomendable ya que podría ocasionarles problemas en su salud debido a la propagación de enfermedades de origen hídrico. (Hernández Avilés & Chaparro R., 2020)

Es necesaria que el agua retirada y destinada al consumo directa de las personas sea tratada antes de su ingesta. El tratamiento debe estar dirigido a la remoción de las partículas que no fueron retenidas por el tanque de primeras aguas y en segundo lugar al acondicionamiento bacteriológico. (UNATSABAR, 2004)

El servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú reporta que los periodos de lluvias (2022-2023) en la región sierra sur y central del país continuará presentando anomalías respecto a su normalidad” (SENAMHI, 2022). La ausencia de lluvias en la región, viene afectando en la economía de los habitantes provenientes de zonas rurales debido a los gastos que realizan de compra y traslado de agua hasta sus viviendas, con la implementación de un sistema de captación de agua lluvia en esta vivienda rural se podrá aportar con la demanda de agua necesaria para los meses de sequía.

La implementación del software hydrognomon 4.0 para realizar un estudio hidrológico nos permitió estimar la cantidad e intensidad de las precipitaciones máximas promedio en 24 hrs. que podrá recolectar un área determinada de techo mediante la comparación de distribuciones de probabilidad estadística aplicada ala hidrología.(Requejo Salazar, 2019).

Considerando los antecedentes antes mencionados surge la necesidad de modelar y construir un sistema de cosecha de agua de lluvia purificada para dar solución al problema de falta de acceso de agua potable para los habitantes de zonas rurales en la ciudad de Puquio.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 PROCESO METODOLÓGICO:

Se presenta a través de un gráfico el proceso metodológico para lograr los objetivos a cumplir y llevar a cabo el proyecto de investigación.

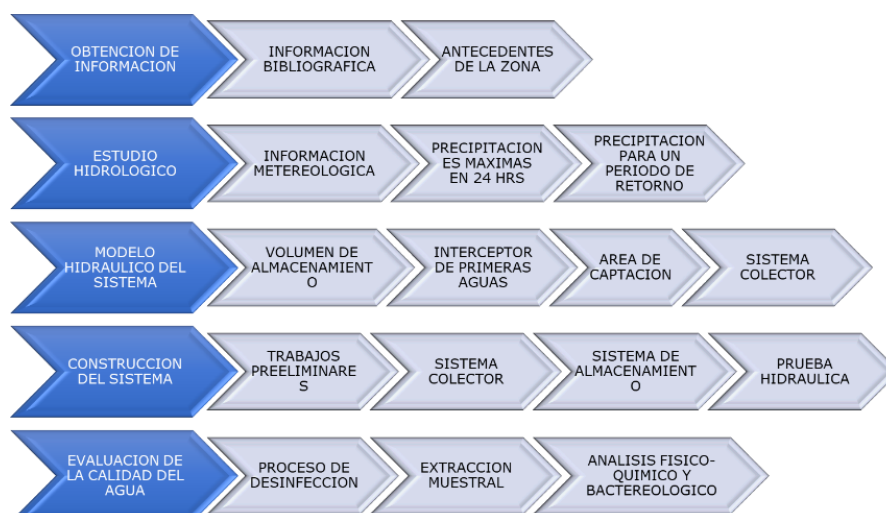


Figura1. Proceso metodológico de la investigación

Fuente: Elaboración propia

2.2 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está ubicada geográficamente con coordenadas 14°44'13.0" S 74°04'30.0" W, a una altitud de 4,800 msnm. En el kilómetro 32 de la carretera hacia San Andrés, en el barrio de Ccollana, distrito de puquio, capital de la provincia de lucanas, departamento de Ayacucho, Perú.



Figura 2. Ubicación geográfica de la zona de estudio
Fuente: Elaboración propia

Actualmente la vivienda tiene las siguientes características:

Tabla 1. Características de la vivienda

<i>Características de la Vivienda</i>	
Área total	5883 m ²
Área Construida	32.79 m ²
<i>Características del Techo</i>	
Material	Plancha Metálica
Coeficiente de Escorrentía	0.9
Área Total	33.98 m ²
Pendiente	30%

3. Resultados y Discusión

3.1 CÁLCULO INICIALES:

La población en estudio consta de una familia de 4 habitantes. La tasa de crecimiento anual promedio en esta zona es de 2.3% según la data del último censo nacional en 2017 (INEI, 2017) aplicando el método aritmético calculamos la población futura.

Tabla 2. Cálculo de la población futura

Población de diseño	
Descripción	Cantidad
Población Actual	4
Tasa de Crecimiento	2.3
Población Futura	6

La dotación según el RM 192-2018-VIVIENDA es de 30 lt/hab/día para el diseño del sistema de captación de una fuente de agua lluvia. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018)

3.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO

3.2.1 Información meteorológica

La información meteorológica se obtuvo de la estación "Puquio" ubicada en la cuenca del río Acarí. La información utilizada en esta investigación fue obtenida de la base de datos del sistema nacional de información de recursos hídricos (SNIRH). Se cuenta con la data disponible de las máximas precipitaciones en 24 hrs, desde el año 1962 hasta el 2014.

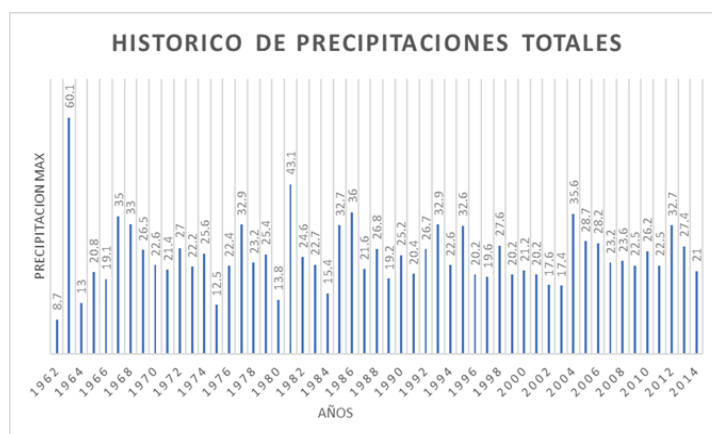


Figura 3. Registro histórico de precipitaciones máx. en 24 hrs.

Fuente: Elaboración propia

3.3 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

El tratamiento estadístico de los datos se hizo mediante el software de hidrología estadística hydrognomon 4.0 con el fin de determinar la precipitación máxima promedio en 24 hrs. para un periodo de retorno de recomendado para sistemas de abastecimiento de una fuente pluvial. Se insertaron los datos disponibles de precipitaciones máximas al programa para luego realizar el análisis estadístico.

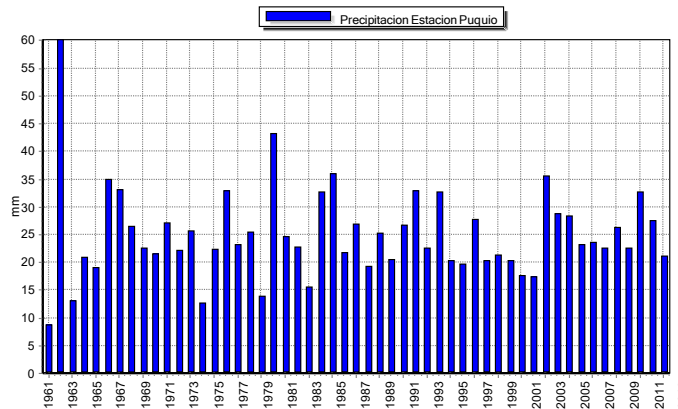


Figura 4. Tratamiento estadístico de datos en hydrognomon 4.0
Fuente: Elaboración propia

3.3.1 Elección de la distribución probabilidad teórica

Se hizo la comparativa de distribuciones de probabilidad teóricas con la finalidad de elegir cual es la que mejor se ajusta a los datos de precipitaciones máximas en 24 hrs. Mediante la prueba de Smirnov - Kolgomorov se eligió la distribución de Gumbel Max. (Ricardo Calzadilla, Gomez Arias, Fernandez, Cansino, & Matinez Diaz, 2020) porque fue la que mejor a justó a los datos de precipitación.

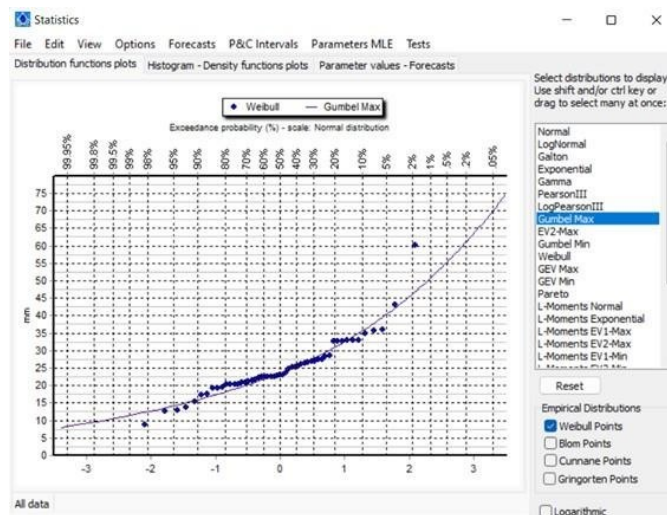


Figura 5. Distribución de probabilidad teórica
Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Elección del periodo de Retorno

Un periodo de retorno se define como el intervalo promedio de tiempo en años dentro del cual un evento de magnitud puede ser igualado o excedido, por lo menos una vez en promedio. (Villon Béjar, 2006) El periodo de retorno recomendado para un sistema de abastecimiento de una fuente de agua pluvial es de 10 años (Requejo Salazar, 2019). Mediante la distribución elegida se calculó las precipitaciones máximas promedio en 24 hrs. para diferentes periodos de retorno. Se obtuvo una precipitación máxima probable de 35.7 mm o 35.7 lt/ m²/día.

Tabla 3. Precipitaciones para diferentes periodos de retorno

PRECIPITACIONES MAX. EN 24 HRS. PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO	
T(AÑOS)	Distribución Gumbel Max.
5	30.9
10	35.7
20	38.41
25	41.7854
50	46.2982
100	50.7777
500	61.129
1000	65.58

3.4 VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO:

3.4.1 Cálculo del volumen de almacenamiento

Para determinar el volumen de almacenamiento del sistema nos basamos en el método de cálculo propuesto por la unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural (Solano, Gonzaga, Espinoza, & Espinoza, 2017). Como datos conocidos tenemos la precipitación promedio mensual, el área de captación y el coeficiente de escorrentía que nos servirán para el cálculo del abastecimiento de agua que abastecerá el sistema. La demanda mensual se obtuvo a partir del número de usuarios de la vivienda, el tiempo de sequía para lo cual se va necesitar el agua y la dotación por persona en litros/habitante/día. (UNATSABAR, 2004)

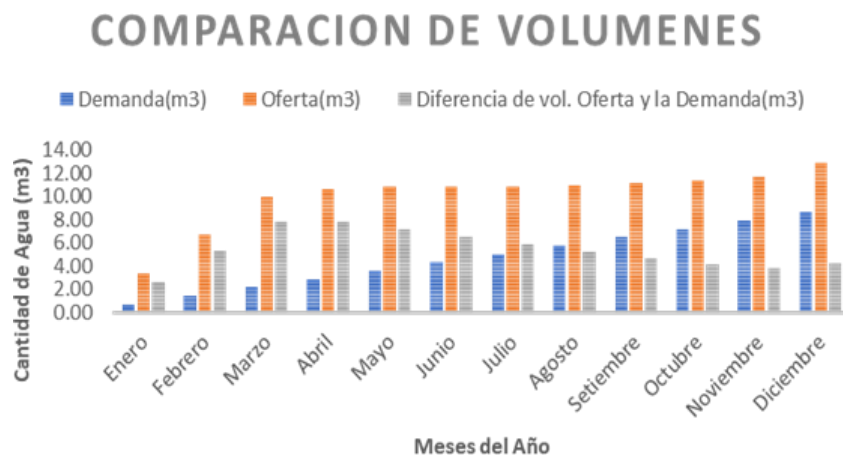


Figura 6. Volúmenes de agua para un área de captación de 33.98 m² Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo la mayor diferencia entre la oferta y la demanda acumulado mensual que será el volumen del almacenamiento necesario para cubrir la demanda de agua para todo el año se da en el mes de marzo. Esto significa que el volumen de almacenamiento tendrá que ser de al menos 8 m³.

Se consideró en la ejecución del proyecto que este volumen puede variar ya que depende de otros factores como la precipitación, dotación y el área de captación. Además, no es recomendable que el agua permanezca por mucho tiempo almacenada. (Velasquez Cruz, 2021).

Se utilizó un tanque de agua eternit de una capacidad de 1.1 m³ como volumen de almacenamiento del sistema ya que de acuerdo al reglamento nacional de edificaciones IS.010 la capacidad mínima de almacenamiento para una edificación no debe ser menor de 1 m³. (Gobierno del Perú, 2021)

3.5 INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS

Para la capacidad del tanque interceptor de primeras aguas se consideró utilizar una proporción igual al área del techo, de un litro por cada metro cuadrado de techo, que es la cantidad de agua necesaria para captar las primeras lluvias y limpieza del techo. (UNATSABAR, 2004).

$$33.98 \text{ (m}^2\text{)} \approx 33.98 \text{ (litros)} \quad (1)$$

3.6 ÁREA DE CAPTACIÓN:

3.6.1 Determinación del área mínima requerida

Para el cálculo del área mínima requerida, se asumieron áreas de 15 ,25,33.98 m^2 siendo este último el área de captación disponible. Los valores negativos no deben considerarse ya que se traduce como que no habría agua para abastecer en ese mes la demanda de agua

Tabla 4. Determinación del área mínima de captación

AREA DE TECHO(M2)	MAXIMO VALOR(M3)	MINIMO VALOR(M3)
15	2.25	-2.98
25	5.19	0.80
33.98	7.83	2.61

El área de captación disponible del sistema de 33.98 m^2 es suficiente para captar el agua necesaria para los meses de sequía y abastecer al tanque de agua propuesto, ya que la máxima cantidad de agua que podrá recolectar el área de captación del techo es de 7.83 m^3

3.7 SISTEMA COLECTOR

3.7.1 Sistema de conducción(canaletas):

Se optó por utilizar tuberías de 4" pvc sal (Velasquez Cruz, 2021) que forman parte del sistema de conduce el caudal de agua captado del techo de la vivienda existente hasta llegar al tanque de almacenamiento.

2.7.2 Cálculo del caudal de drenaje:

Para calcular el caudal de drenaje que ofrece el sistema de captación se empleó la formula racional.

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6} \quad (2)$$

El coeficiente de escorrentía para techos de cobertura metálica es de 0.9, la intensidad máxima probable de lluvia es de 35.7 mm/hrs., el área de captación convertido a $[\text{km}]^2$ es de 3.398×10^{-5} , aplicando la ecuación (2). Se obtuvo un caudal de drenaje de $3.03 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

2.7.3 Cálculo del tirante crítico y velocidad del flujo:

Se insertaron los datos de caudal y diámetro de la sección de la canaleta elegida en el programa hcanales 3.0. De los resultados, se determinó que la canaleta podrá transportar el caudal de agua sin problemas ya que el tirante de agua no supera el 60% de la altura total de la canaleta y la velocidad es menor a 1 m/s como sugiere la norma RM. N° 192-2018-VIVIENDA. (Gobierno del Perú, 2021)

Figura 7. Cálculo del tirante crítico y velocidad del flujo en hcanales 3.0
Fuente: Elaboración propia

2.8 EET de la construcción del sistema de cosecha de agua de lluvia:

3.8.1 Trabajos Preliminares

En esta etapa se realizó el reconocimiento de campo, el levantamiento arquitectónico, la elaboración de los planos de la vivienda y la programación de la obra.

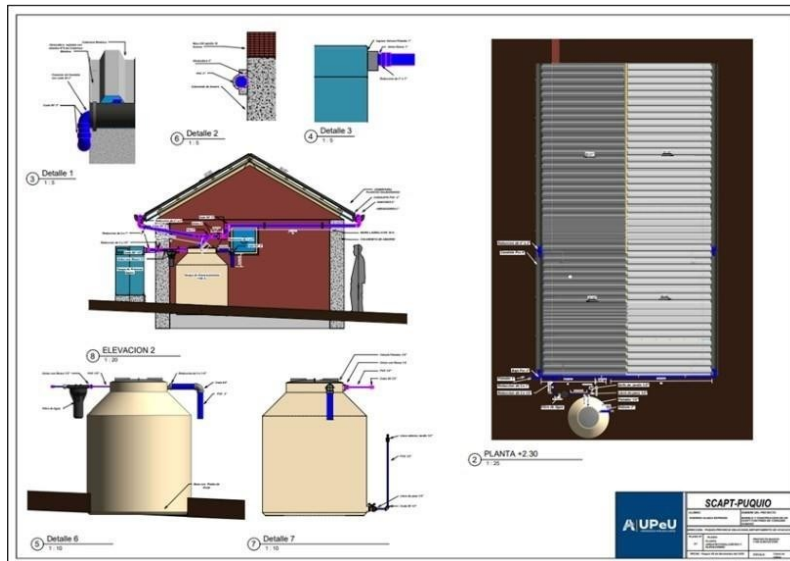


Figura 8. Plano de IISS y Arquitectura de la vivienda
Fuente: Elaboración propia

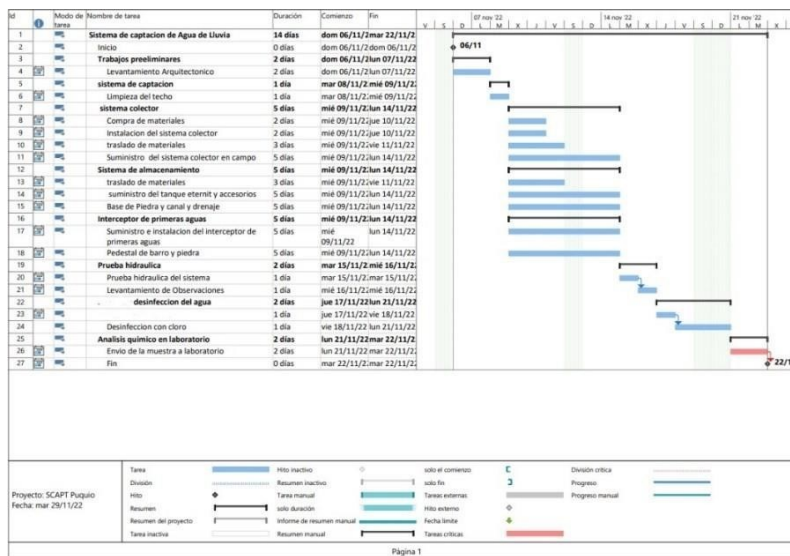


Figura 9. Programación de actividades del proyecto
Fuente: Elaboración propia

3.8.2 Área de captación

Se podrá utilizar el área del techo existente siempre y cuando esté en buenas condiciones para capturar el agua, sin presencia de óxido u objetos que impidan la captación. El techo de la vivienda deberá contar con pendiente no menor al 5% y una superficie adecuada para facilitar el escurrimiento del agua.



Figura 10. Área de captación del sistema
Fuente: Elaboración propia

3.8.3 Sistema colector

El sistema colector está compuesto de canaletas y montantes pluviales pvc sal de 4" que están fijadas a las vigas de madera por abrazadera espaciadas cada 1 metro. Las montantes o bajantes recolectan las primeras lluvias de las canaletas de ambos extremos de la cobertura del techo hacia el tanque interceptor de primeras aguas cuando este se llene por completo el agua va al tanque de agua de forma automática.



Figura 11. Sistema colector del sistema
Fuente: Elaboración Propia

3.8.4 Sistema de almacenamiento

Para su instalación se utilizó un tanque de agua eternit de 1.1 m³, tubería pvc 1/2" entre otros accesorios para controlar el ingreso del agua al tanque, se colocó un grifo de jardín como punto de salida y un filtro de agua estándar para evitar el ingreso de partículas tales como arena, tierra y pequeños sedimentos.



Figura 12. Sistema de almacenamiento
Fuente: Elaboración Propia

3.8.5 Sistema Interceptor de primeras aguas

Se uso un depósito plástico de agua 40 lt. para acumular las primeras aguas apoyado sobre una base de barro y piedras conectado al sistema colector. En la parte superior cuenta con una válvula flotadora para el cierre automático del ingreso del agua y en la parte inferior con un punto de salida.



Figura 13. Interceptor de primeras aguas
Fuente: Elaboración Propia

3.8.6 Prueba Hidráulica

Al realizar la prueba hidráulica se fueron corrigiendo errores durante el proceso de captación del agua como filtración en las canaletas lo que afecta directamente en la eficiencia del sistema.

3.9 TRATAMIENTO

3.9.1 Proceso de desinfección del agua:

Se uso el hipoclorito de sodio(cloro) como agente desinfectante y potabilizador del agua almacenada. Este método consistió en añadir una cantidad de cloro dosificada directamente al tanque de almacenamiento como indica la norma OS.020 del reglamento nacional de edificaciones (Gobierno del Perú, 2021). Se aplico una dosificación de una gota por cada litro de agua almacenada habiendo un aproximado de 20 gotas por cada 1 cm³.(Solano, Gonzaga, Espinoza, & Espinoza, 2017)

3.9.2 Extracción muestral

La muestra de agua fue extraída en una botella de plástico de 4 litros, previamente esterilizado con una solución de detergente y enjuagado con la misma agua recolectada. Se tomo una muestra representativa de 4 litros porque fue la cantidad solicitada por el laboratorio para realizar el análisis físico-químico y bacteriológico.



Figura 14. Extracción de la muestra
Fuente: Elaboración propia

3.10 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

3.10.1 Análisis físico-químico y bacteriológico

El análisis fisicoquímico y bacteriológico se llevó a cabo en un laboratorio de ensayo e investigación de procesos del agua. Los parámetros de control obligatorio que se evaluaron están establecidos en la norma 031-2010 SA del reglamento de la calidad del agua para consumo humano Ministerio de Salud. (2010)

Tabla 5. Cuadro de resultados de laboratorio

Fecha de recolección		07/02/2023	Según el reglamento de calidad de agua para consumo humano
Parámetro	Unidad	Muestra n°1	Límite máximo permisible
Color	UC	<5	15
Coliformes Totales (NMP)	NMP/100 mL	<1.8	≤1.8
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP)	NMP/100 mL	<1.8	≤1.8
Escherichia coli (NMP)	NMP/100 mL	<1.8	≤1.8
Turbidez	NTU	1.3	5
Potencial de Hidrogeno	U.Ph	6.06	6.5 a 8.5

3.10.2 Discusión de Resultados de Laboratorio

Se observa que los valores de turbidez color, coliformes totales, fecales y escherichia coli están dentro de los límites máximos permisibles que exige la norma 031-2010 SA del reglamento de la calidad del agua para consumo humano Ministerio de Salud. (2010) a excepción del pH que está ligeramente por debajo.

Para que el pH de la muestra de agua cumpla con los límites máximos permisibles se hará uso de un producto elevador de pH para ello se deberá adicionar una dosificación de 50 ml del producto directamente

al tanque de agua después del proceso de desinfección y con ayuda de un kit básico analizador de pH se observará de forma visual y periódica que el valor del pH este dentro del rango de 6.5-8.5.

El pH de la muestra de agua está clasificada como una lluvia no acida por estar en el rango de 6 y 8 unidades según el cuadro de clasificación elaborado en el proyecto de investigación de fondecyt-unsaac(Rado Cuchills, Zúñiga Negrón & Rado Vilca,2021).

Se hizo uso de la técnica NMP por tubos múltiples para realizar el análisis bacteriológico, se obtuvo un valor menor o igual a 1.8 lo que significa que la muestra de agua no contiene microorganismos. (RequejoSalazar, 2019).

3.11 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Se determinó que el costo directo del proyecto asciende a S/ 1924.30 un mil novecientos veinticuatro y 00/100 nuevos soles. Los costos de materiales, mano de obra y equipos se han considerado dentro del análisis de costos unitarios incluidos en el costo directo del presupuesto. (Philco Maita, 2021)

S10 Página 1

Presupuesto

Presupuesto 0102001 Escritorio
 Subpresupuesto 001 SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA EN LA CIUDAD DE PUQUIO
 Cliente VILCA, ALEJANDRO Costo al 06/11/2022
 Lugar AYACUCHO - LUCANAS - PUQUIO

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
	SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA				1,924.30
	TRABAJOS PRELIMINARES				14.19
	LIMPIEZA DEL AREA DE CAPTACION	GLB	1.00	14.19	14.19
	SISTEMA COLECTOR				380.88
	INSTALACION Y SUMINISTRO DE SISTEMA COLECTOR	GLB	1.00	380.88	380.88
	INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS				195.38
	INSTALACION Y SUMINISTRO DEL SISTEMA INTERCEPTOR	GLB	1.00	195.38	195.38
	SISTEMA DE ALMACENAMIENTO				818.38
	INSTALACION Y SUMINISTRO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	GLB	1.00	818.38	818.38
	TRATAMIENTO DEL AGUA				51.69
	DESINFECCION DEL AGUA	GLB	1.00	51.69	51.69
	ANALISIS DEL AGUA EN LABORATORIO				463.78
	ANALISIS DEL AGUA EN LABORATORIO	GLB	1.00	463.78	463.78
	Costo Directo				1,924.30

SON : UN MIL NOVECIENTOS VEINTICUATRO Y 30/100 NUEVOS SOLES

Figura 15. Presupuesto del proyecto
 Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones y Recomendaciones

Se logró modelar y construir un sistema de cosecha de agua de lluvia purificada para consumo humano en una vivienda rural en la ciudad de Puquio.

Se realizó un estudio hidrológico implementando el uso de un software de hidrología estadística para el cálculo de la máxima precipitación probable para un periodo de retorno 10 años en la ciudad de Puquio.

Se concluye que el tanque de agua propuesto de 1.1 m³ cubrirá la demanda parcial de la vivienda pudiendo complementar este método con otro como la acumulación en geomembranas HDPE para cubrir con la demanda necesaria para todos los meses del año.

El interceptor de primeras aguas de lluvias capta las suciedades que pueda tener el área del techo. Además, del uso del hipoclorito de sodio como agente desinfectante y potabilizador y a su vez garantizar la calidad del agua almacenada durante meses.

Fue necesario el uso de un tratamiento adecuado para que la muestra de agua de lluvia recolectada en la ciudad de Puquio sea apta para el consumo humano y usada para diferentes necesidades básicas como la limpieza en general, aseo personal, procesos sanitarios y riego.

Limpiar el sistema colector constantemente para evitar obstrucciones debido al polvo u hojas que pudieran acumularse en su interior.

No almacenar el agua por mucho tiempo y cerrar bien la tapa hermética del tanque para evitar el ingreso de mosquitos u otros insectos. Realizar el mantenimiento periódico cada seis meses para evitar alteraciones en la calidad del agua

Referencias

Banco mundial birf-aif. (3 de octubre de 2022). Panorama general. Entendiendo la Pobreza. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>

Espinoza Correa, J. E., Solano de la Sala Monteros, C. A., Espinoza Urgilés, F. L., & Gonzaga Barreto, F. G. (2017). Sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico en la Isla Jambelí, cantón Santa Rosa. *Cumbres*, 3(1), 151-159. <https://doi.org/10.48190/cumbres.v3n1a19>

Gobierno del Peru. (2021). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: Gobierno del Peru. Obtenido de

<http://capregionalaqp.org.pe/document/REGLAMENTO-NACIONAL-DE-EDIFICACIONES-ACTUALIZADO-02-MAYO-2019-V.pdf>

Hernández Avilés, D. M., & Chaparro, T. R. (2020). Tratamiento de agua lluvia con fines de consumo humano. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 30(2), 97-107. <https://doi.org/10.18359/rcin.4409>

INEI. (2017). Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Obtenido de https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1673/libro.pdf

Instituto Nacional Estadística e Informática. (2020). Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico en el Perú (pp. 5–11). Lima: Instituto Nacional Estadística e Informática. Recuperado de https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio2020.pdf

Judith, V. (2021). Sistema de captación y tratamiento de agua de lluvia por canaletas en coberturas impermeables de viviendas rurales en el centro poblado de Inchupalla [Tesis, Universidad Nacional del Altiplano]. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15337>

Ricardo Calzadilla, M., Gomez Arias, A., Fernandez, R. M., Cansino, V. C., & Matinez Diaz, O. (13 de marzo de 2020). Estudio de las precipitaciones para el diseño de sistema de captación de agua de lluvia. *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(2), 4. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5862/586263256005/html/>

Manjarres Hernandez , D. (2020). Propuesta de Implementación de un Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL), en la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México. Mexico: Universidad Autonoma del Estado de Mexico. Obtenido de <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4155261>

Ministerio de Salud. (2010). Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. Lima: Ministerio de Salud. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/321941-reglamento-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano-d-s-n-031-2010-sa>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Norma técnica de diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el Ámbito Rural. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Obtenido de

<https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/275920-192-2018-vivienda>

N. Osseiran. (2017, jul. 12). "Organización Mundial de la Salud". [Internet]. Obtenido en: <https://www.who.int/es/news/item/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>

Philco Maita, K. R. (2021). Analisis hidrológico para un sistema de almacenamiento pluvial en viviendas unifamiliares en la ciudad de huancayo. Huancayo, Junin, Peru: Universidad peruana los andes. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12848/3384>

Rado Cuchills, M. S., Zúñiga Negrón, J. J., & Rado Vilca, B. J. (2021). Estudio del pH del agua de lluvia en la Subcuenca Huatanay 2019-2020, departamento de Cusco, Perú. Revista Científica Guacamaya, 6(1), 48-67. Recuperado a partir de <https://revistas.up.ac.pa/index.php/guacamaya/article/view/2419>

Requejo Salazar, J. M. (2019). Sistema de Captación de Agua Pluvial en una Vivienda Unifamiliar para Fines Sanitarios y Uso Doméstico en la Ciudad De Jaén-Perú. Obtenido de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/246>

SENAMHI. (7 de noviembre de 2022). Noticias. Continuará el déficit de lluvias en la sierra central y sur. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/senamhi/noticias/667341-continuar-el-deficit-de-lluvias-en-la-sierra-central-y-sur>

UNATSABAR. (2004). Guía de diseño para la captación de agua de lluvia. Área de desarrollo sostenible y salud ambiental. Lima: Organización Panamericana de la Salud. Obtenido de <https://ecotec.unam.mx/documentos-ecoteca/guia-de-diseno-para-captacion-de-agua-de-lluvia>

Villon Béjar, M. (2006). Hidrología estadística. Lima: Ediciones Villon.

Anexos

MES	PRECIPITACION (MM)	AREA DE CAPTACION (M2)	CE	OFERTA (M3)	
				PARCIAL (M3/MES)	ACUMULADO (M3/MES)
Enero	108.91	33.98	0.90	3.33	3.33
Febrero	110.24	33.98	0.90	3.37	6.70
Marzo	107.56	33.98	0.90	3.29	9.99
Abril	20.82	33.98	0.90	0.64	10.63
Mayo	4.92	33.98	0.90	0.15	10.78
Junio	1.09	33.98	0.90	0.03	10.81
Julio	1.66	33.98	0.90	0.05	10.86
Agosto	3.19	33.98	0.90	0.10	10.96
Setiembre	6.10	33.98	0.90	0.19	11.15
Octubre	6.74	33.98	0.90	0.21	11.35
Noviembre	11.31	33.98	0.90	0.35	11.70
Diciembre	36.95	33.98	0.90	1.13	12.83

Figura 16. Volumen de abastecimiento acumulada
Fuente: Elaboración propia

MES	N° DE USUARIOS	N° DE DIAS	DOTACION	DEMANDA (M3)	
				PARCIAL (M3/MES)	ACUMULADO (M3/MES)
Enero	6.00	4.00	30.00	0.72	0.72
Febrero	6.00	4.00	30.00	0.72	1.44
Marzo	6.00	4.00	30.00	0.72	2.16
Abril	6.00	4.00	30.00	0.72	2.88
Mayo	6.00	4.00	30.00	0.72	3.60
Junio	6.00	4.00	30.00	0.72	4.32
Julio	6.00	4.00	30.00	0.72	5.04
Agosto	6.00	4.00	30.00	0.72	5.76
Setiembre	6.00	4.00	30.00	0.72	6.48
Octubre	6.00	4.00	30.00	0.72	7.20
Noviembre	6.00	4.00	30.00	0.72	7.92
Diciembre	6.00	4.00	30.00	0.72	8.64

Figura 17. Volumen de demanda acumulada mensual
Fuente: Elaboración propia

MES	PRECIPITACION (MM)	OFERTA (M3)		DEMANDA (M3)		DIFERENCIA (M3)
		PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	
Enero	108.91	3.33	3.33	0.72	0.72	2.61
Febrero	110.24	3.37	6.70	0.72	1.44	5.26
Marzo	107.56	3.29	9.99	0.72	2.16	7.83
Abril	20.82	0.64	10.63	0.72	2.88	7.75
Mayo	4.92	0.15	10.78	0.72	3.60	7.18
Junio	1.09	0.03	10.81	0.72	4.32	6.49
Julio	1.66	0.05	10.86	0.72	5.04	5.82
Agosto	3.19	0.10	10.96	0.72	5.76	5.20
Setiembre	6.10	0.19	11.15	0.72	6.48	4.67
Octubre	6.74	0.21	11.35	0.72	7.20	4.15
Noviembre	11.31	0.35	11.70	0.72	7.92	3.78
Diciembre	36.95	1.13	12.83	0.72	8.64	4.19

Figura 18. Volúmenes de agua para un área de 33.98 m²
Fuente: Elaboración propia