UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

ESCUELA DE POSGRADO

TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO
EN GESTIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

VALIDACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA DISEÑADO PARA SU USO MASIFICADO EN COMUNIDADES NATIVAS DISTRITO NIEVA, PROVINCIA CONDORCANQUI, AMAZONAS

Autor : Bach. Eli Morales Rojas

Asesores (a) : Dr. Edwin Adolfo Díaz Ortiz
Dr. Cesar Augusto Medina Tafur

Registro: .....

CHACHAPOYAS - PERÚ
2021

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS

ESCUELA DE POSGRADO

TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN GESTIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

VALIDACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA DISEÑADO PARA SU USO MASIFICADO EN COMUNIDADES NATIVAS DISTRITO NIEVA, PROVINCIA CONDORCANQUI, AMAZONAS

Autor: Bach. Eli Morales Rojas

Asesores (a). Dr. Edwin Adolfo Díaz Ortiz
Dr. Cesar Augusto Medina Tafur

Registro: (……)

CHACHAPOYAS – PERÚ
2021

Dedicatoria

A mis padres por haberme inspirado a seguir mis logros, y haberme formado con valores. A mis hermanos por el apoyo incondicional.

Agradecimiento

En primer lugar, quiero gradecer a Dios por derramar sus bendiciones sobre mí en todo momento, por auxiliarme y hacer realidad esta meta tan anhelada.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, alma mater, que me permitió concluir mis estudios de maestría con éxito.

Agradezco a mis asesores Dr. Edwin Adolfo Díaz Ortiz y al Dr. Cesar Augusto Medina Tafur, por otorgarme su tiempo e incondicional apoyo para la materialización de la presente investigación. A los maestros Jaris Emmanuel Veneros Guevara y Ligia Magali García Rosero, por su aporte en esta investigación. Al proyecto PROLLUVIA y al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), por el aporte logístico y profesional.

Autoridades de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza

Dr. Policarpio Chauca Valqui
RECTOR

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón
VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. Flor Teresa García Huamán
VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Dr. Raúl Rabanal Oyarce
DIRECTOR (e) DE LA ESCUELA DE POST GRADO

Visto bueno del asesor

UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 6-K

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL

GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO (X)/ DOCTOR ( )

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada VALIDACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA DISEÑADO PARA SU USO MASIFICADO EN COMUNIDADES NATIVAS DISTRITO NIEVA, PROVINCIA CONDORCANQUI, AMAZONAS; cuyo autor ELI MORALES ROJAS es estudiante del ____ ciclo/egresado (x) de la Escuela de Posgrado, Maestría (x) / Doctorado ( ) en GESTIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE, con correo electrónico institucional eli.morales.epg@untrm.edu.pe.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 18 de AGOSTO de 2021

Firma y nombre completo del Asesor
M.Sc. EDWIN ADOLFO DÍAZ ORTIZ

Visto bueno del asesor

UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 6-K

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL

GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO (X)/ DOCTOR ( )

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ( )/Profesional externo (X), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada VALIDACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA DISEÑADO PARA SU USO MASIFICADO EN COMUNIDADES NATIVAS DISTRITO NIEVA, PROVINCIA CONDORCANQUI, AMAZONAS;

cuyo autor ELI MORALES ROJAS es estudiante del ____ ciclo/egresado (x) de la Escuela de Posgrado, Maestría (x) / Doctorado ( ) en GESTIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE, con correo electrónico institucional eli.morales.epg@untrm.edu.pe.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 18 de AGOSTO de 2021

Firma y nombre completo del Asesor
Dr. César Augusto Medina Tafur

Jurado evaluador

M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina

Presidente

M.Sc. Rosalynn Yohanna Rivera López.

Secretario Jurado de tesis

Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz.

Vocal de Jurado de Tesis

Constancia de originalidad de la tesis

UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 6-O

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO (x) / DOCTOR ( )

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

VALIDACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA DISEÑADO PARA SU USO MASIFICADO EN COMUNIDADES NATIVAS DISTRITO NIEVA, PROVINCIA CONDORCANQUI, AMAZONAS

presentada por el estudiante ( )/egresado (x) _____

de la Escuela de Posgrado, Maestría (x) / Doctorado ( ) en GESTIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

con correo electrónico institucional eli.morales.epg@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

a) La citada Tesis tiene 24 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (x) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.

b) La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 27 de AGOSTO del 2021

SECRETARIO
Ms.C. Rosalynn Yohanna Rivera López

PRESIDENTE
M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina

VOCAL
Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz

OBSERVACIONES:

.....

.....

Acta de evaluación y sustentación

UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 6-Q

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO (x) / DOCTOR ( )

En la ciudad de Chachapoyas, el día 04 de OCTUBRE del año 2021, siendo las 16:20 horas, el aspirante BACHILLER ELI MORALES ROJAS, defiende en sesión pública presencial ( ) / a distancia (x) la Tesis titulada: VALIDACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA DISEÑADO PARA SU USO MASIFICADO EN COMUNIDADES NATIVAS DISTRITO NIEVA, PROVINCIA CONDORCANQUI, AMAZONAS que tiene como asesor a Dr. EDWIN ADOLFO DIAZ ORTIZ Y AL Dr. CESAR AUGUSTO MEDINA TAFUR para obtener el Grado Académico de Maestro (X)/Doctor ( ) en GESTIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, conformado por:

Presidente: M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina
Secretario: M.Sc. Rosalynn Yohanna Rivera López
Vocal: Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz.

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis de Maestría (x)/Doctorado ( ), en términos de:

Aprobado (x) Desaprobado ( )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 17:25 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Grado Académico de Maestro (x)/Doctor ( ).

SECRETARIO
M.Sc. Rosalynn Yohanna Rivera López

PRESIDENTE
M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina

VOCAL
Dr. Segundo Manuel Oliva Cruz

OBSERVACIONES:

.....

.....

Índice de Contenido General **Pág**

Dedicatoria....ii

Agradecimiento....iii

Autoridades de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza....iv

Visto bueno del asesor....v

Visto bueno del asesor....vi

Jurado evaluador....vii

Constancia de originalidad de la tesis....viii

Acta de evaluación y sustentación....ix

Índice de Tablas....xii

Índice de Figuras....xiii

Índice de Anexos....xiv

RESUMEN....xv

ABSTRACT....xvi

I. INTRODUCCIÓN....17

II. MATERIALES Y MÉTODOS....19

2.1. Área de estudio....19

2.1.1. Metodología para la instalación y diseño de los sistemas....20

2.1.2. Determinación de la factibilidad técnica....22

2.1.3. Proyección de la demanda de agua....23

2.2. Factibilidad económica....23

2.2.1. Viabilidad económica....23

III. RESULTADOS....27

3.1. Factibilidad técnica....27

Diagnóstico de la instalación de los sistemas....27

3.1.1. Cantidad de precipitación en Yahuahua y Tunants 28
3.1.2. Cantidad y demanda de agua de lluvia recolectada 29
Demanda mensual de agua 30
3.1.3. Proyección de la captación de agua a diferentes áreas 31
3.1.4. Calidad de agua en los prototipos de captación y reutilización de agua de lluvia 32
3.1.5. Análisis microbiológicos para la época de lluvia 34
3.2.1. Análisis del costo efectividad 36
3.2.2. Horizonte de evaluación sin proyecto y con proyecto 37
3.3. Propuesta de un mecanismo de gestión e implementación de prototipos de captación de agua de lluvia 38
IV. DISCUSIÓN 42
V. CONCLUSIONES 47
VI. RECOMENDACIONES 48
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 49
ANEXOS 56

Índice de Tablas

Tabla 1. Localización los prototipos estudiados 19
Tabla 2. Cantidad de agua colectada por sistemas 29
Tabla 3. Demanda mensual de agua por familia 31
Tabla 4. Proyecciones de áreas idóneas de captación de agua de lluvia 32
Tabla 5. Resultados de calidad de agua en la época de lluvia 33
Tabla 6. Resultados de calidad de agua época de estiaje. 34
Tabla 7. Resultados de los parámetros microbiológicos 35
Tabla 8. Análisis estadístico entre épocas de estudio 36
Tabla 9. Costos y beneficios de los sistemas de agua de lluvia 36
Tabla 10. Descripción de costos por acarreo de agua 37
Tabla 11. Costos de inversión durante el horizonte de evaluación 37
Tabla 12. Costos de implantación del sistema de captación y tratamiento de agua de lluvia (89 Familias) 38
Tabla 13. Comparación de costos sin proyecto y con proyecto 38

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de los prototipos 20
Figura 2. Fotografía del prototipo (A) Diseño del prototipo (B) 21
Figura 3. Prototipo de captación y tratamiento de agua de lluvia en 3D 21
Figura 4. Integrantes por familia 27
Figura 5. Precipitación histórica de la comunidad de Nieva. 27
Figura 6. Evolución de las precipitaciones; FI-S3=Pluviómetro (sistema tres); FT-S4= Pluvió-metro (sistema cuatro); FP-S2=Pluviómetro (Sistema dos); FJT-SI=Pluviómetro (sistema uno). 28
Figura 7. Precipitación total anual en las estaciones 28
Figura 8. Proyección de áreas para la captación de agua 32
Figura 9. Socialización con las familias beneficiarias 39
Figura 10. Ventilación del rebose (1); Salida del rebose (2) 40
Figura 11. Mantenimiento de los sistemas de captación de agua. 40

Índice de Anexos

Anexo 1. Materiales, insumos y características de los sistemas prototipos de captación de aguas de lluvia 56
Anexo 2. Nivel de satisfacción para la implementación de los prototipos 59
Anexo 3. Panel fotográfico de la instalación de los prototipos 60
Anexo 4. Diagnóstico para la implementación de los sistemas captación 65
Anexo 5. Cuestionario de la encuesta piloto 66
Anexo 6. Cuestionario de encuesta final 67
Anexo 7. Resultados de calidad de agua 68
Anexo 8. Precipitación registrada en el pluviómetro de la familia FI-S3 71
Anexo 9. Precipitación registrada en el pluviómetro de la familia FT-S4 71
Anexo 10. Precipitación registrada en el pluviómetro de la familia FPK-S2 72
Anexo 11. Costos de la implementación de los cuatro prototipos 73

RESUMEN

Los habitantes de las comunidades nativas de Tunants y Yahuahua en la Amazonía peruana se enfrentan a problemas de abastecimiento de agua en cantidad y calidad. El objetivo de esta investigación fue realizar una validación técnica y económica del sistema de captación y tratamiento de agua de lluvia destinado al consumo humano, para lo cual se recopiló datos de precipitación durante un año, mediante la instalación de cuatro pluviómetros. La estructura del sistema de captación se compuso a base de plataformas de cemento y tuberías (PVC). La validación técnica se realizó mediante la evaluación de la calidad de agua de acuerdo a la metodología APHA, AWWA, & WEF, 2017; Así como la determinación del agua cosechada, demanda mensual de agua y la validación económica se realizó a través de aplicación de indicadores económicos. El resultado de la precipitación máxima fue para el mes de diciembre (396.2 mm) y la precipitación mínima fue durante el mes de agosto (5.76 mm). Mientras que el promedio de personas que utilizan el agua fue de seis personas por familia, logrando abastecer con 195 litros/día y 32.5 litros/día por integrante. Los parámetros fisicoquímicos se encontraron dentro de los límites establecidos en la norma y no mostraron diferencias significativas entre épocas. A diferencia del metal pesado de aluminio, si mostró diferencias significativas. Los parámetros microbiológicos en la época de estiaje fueron de buena calidad. En ese sentido es importante la gestión de la captación del uso del agua de lluvia en estas comunidades, por ser económico y rentable con un beneficio costo (B/C) de 2.64 soles. La inversión inicial fue de S/2.600 y el mantenimiento anual costó S/70.00. Por tanto, se sugiere el uso a escala del sistema, en el contexto de comunidades nativas en la zona nororiental del Perú.

Palabras claves: Agua de lluvia, prototipo, captación de agua lluvia, comunidades nativas.

ABSTRACT

The inhabitants of the native communities of Tunants and Yahuahua in the Peruvian Amazon face problems of water supply in quantity and quality. The objective of this research was to carry out a technical and economic validation of the rainwater harvesting and treatment system for human consumption, for which rainfall data was collected during one year through the installation of four rain gauges. The structure of the collection system was made up of cement platforms and pipes (PVC). The technical validation was performed through the evaluation of water quality according to the methodology APHA, AWWA, & WEF, 2017; As well as the determination of harvested water, monthly water demand and economic validation was performed through the application of economic indicators. The result of the maximum precipitation was for the month of December (396.2 mm); The minimum precipitation was during the month of August (5.76 mm). The average number of people using water was six people per family, with 195 liters/day and 32.5 liters/day per family member. The physicochemical parameters were found to be within the limits established in the standard and showed no significant differences between seasons. In contrast, the heavy metal aluminum showed significant differences. The microbiological parameters in the dry season were of good quality. In this sense, the management of rainwater harvesting in these communities is important because it is economical and profitable with a cost benefit (B/C) of 2.64 soles. The initial investment was S/2,600 and annual maintenance cost S/70.00. Therefore, it is suggested the use of the system at scale, in the context of native communities in the northeastern zone of Peru.

Keywords: Rainwater, prototype, rainwater harvesting, native communities.

I. INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua potable para las comunidades rurales resulta insostenible, dado que presentan viviendas dispersas requiriendo redes costosas de distribución (Torres et al., 2017). Los problemas de provisión de agua son más graves en las zonas periurbanas, debido a la migración rural, los problemas persisten debido a problemas de ingeniería y la selección de la tecnología apropiada (Cirelli & Schenone, 2010). Por ejemplo, las comunidades nativas Tunants y Yahuahua no cuentan con abastecimiento de agua potable para el consumo humano (Ruiz-cuello et al., 2015).

El agua de lluvia puede reemplazar al agua potable en algunos usos domésticos pudiendo reducir el 40% del consumo de agua potable (Hugues, 2019). La captación de agua de lluvia puede llevarse a cabo por el escurrimiento de diferentes cobertizos, almacenándole diferentes recipientes, estos sistemas se pueden captar y aprovechar convirtiéndoles en una alternativa económica y ecológica. Sin embargo, su uso no se ha generalizado debido a que los periodos de recuperación financiera es de mucho tiempo (Silva et al., 2015). El agua potable y el saneamiento básico deben ser disponibles, accesibles, seguros, aceptables y asequibles para todos (Ruiz-cuello et al., 2015). La captación y purificación del agua de lluvia representa una alternativa viable y sustentable para proporcionar agua en cantidad, calidad y de forma continua a poblaciones que no tienen acceso al agua potable o entubada, en Irlanda se enfocaron a tratar el agua residual y de lluvia para solucionar el agotamiento de agua por el aumento masivo de habitantes (Agatón, 2016; Pérez et al., 2017). En España desarrollaron un modelo predictivo para estimar la viabilidad financiera y medioambiental del aprovechamiento de aguas de lluvia en el contexto de comunidades rurales, resultando viable y que depende fundamentalmente de la cantidad de agua de lluvia que puede ser aprovechada (Morales-Pinzón et al., 2012).

El tratamiento del agua es el que determina su uso la cual implica en la eliminación de enterobacterias, virus, quistes de protozoos y esporas de bacterias que pueden causar enfermedades (Thomas & Greene, 1993). El método de desinfección más utilizado es la cloración debido a su fácil acceso y su alta capacidad oxidante expresado en disminución de la materia orgánica y se caracteriza por ser de fácil aplicación (Larios-Meoño et al., 2015).

En África la situación de abastecimiento de agua potable es crítica, el desarrollo de sistemas de captación de agua de lluvia no ha tenido éxito debido al reducido tamaño de cobertizos y las bajas precipitaciones, así como la escasez económica (Suárez et al., 2006). En Sídney se analizó que el promedio de ahorro anual del agua está relacionado con la precipitación anual del área en estudio, y una relación costo/beneficio se puede alcanzar con la implementación de los tanques de almacenamiento (Rahman et al., 2012). En México toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua esto equivale a 30 L persona-1 día-1, menos de lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que recomienda al menos 50 L persona-1 día-1 de agua para asegurar la higiene y alimentación básica (WHO, 2020), en Perú el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento recomienda una dotación de 30 L persona-1 día-1 (MVCS, 2018). En Moyobamba evaluaron el aprovechamiento de Agua de lluvia para uso doméstico, realizando análisis físico, químico y microbiológico del agua de lluvia para consumo humano a través de análisis económico (costo / beneficio), siendo rentable para la zona rural (Fachín Armas & Panduro Labajos, 2005).

Geidy Yecenia (2017), en su estudio de aprovechamiento de agua de lluvia para uso doméstico, menciona que, los beneficios y los costos que se generarían para la implementación del sistema, es viable y sostenible. El almacenamiento del agua de lluvia depende de la dimensión de los tanques y del terreno para lo cual se debe tener en cuenta las consideraciones técnicas y económicas para elegir el tipo de sistema de almacenamiento (Hugues, 2019).

En el Perú se puede utilizar el agua de lluvia para el consumo humano, siempre que cumpla con los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, según lo establecido en el reglamento de calidad de agua (DIGESA, 2015). Así como, esta agua se puede utilizar con la finalidad de conservar manantiales amenazados por las actividades humanas (Vigo et al., 2019). También el agua de lluvia en las comunidades nativas se puede utilizar como una alternativa, al tener sus principales fuentes de agua contaminado por heces de animales o humanos producto del arrastre de partículas ocasionado por las lluvias (Rojas et al., 2021).

Sobre la base de lo mencionado, el objetivo de la presente investigación fue validar técnica y económica el sistema de captación y tratamiento de agua de lluvia diseñado para su uso

masificado en las comunidades nativas de Tunants y Yahuahua, distrito Nieva, Provincia Condorcanqui, Amazonas. Para lograr cumplir el objetivo general, se tuvo en cuenta tres objetivos específicos: 1) Determinar la factibilidad técnica del sistema diseñado de captación y tratamiento de agua de lluvia en las comunidades nativas. 2) Determinar la factibilidad económica del sistema diseñado de captación y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano en el contexto de comunidades indígenas. 3) Proponer un mecanismo de gestión e implementación orientado al aprovechamiento, uso masificado y sostenible del agua de lluvia para consumo humano en las comunidades nativas.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

La zona de estudio estuvo localizada en dos comunidades nativas de Tunants y Yahuahua de la selva del Perú, departamento Amazonas, provincia Condorcanqui, distrito Nieva. Tabla 1 y Figura 1. Así mismo estas comunidades cuenta con una altitud de 196 m.s.n.m; cuya temperatura media es de 26°C y con una precipitación media anual es de 3121 mm (Vargas, 2010). Las comunidades fueron creadas hace 22 años y tienen una población censada al año 2017 de 217 personas (INEI, 2018).

Tabla 1. Localización los prototipos estudiados

Vivienda	Prototipo		Pluviómetros	
	Coordenada E	Coordenada N	Coordenadas E	Coordenadas N
FJT-S1	0830543	9481810	0830532	9481803
FPK-S2	0830880	9481944	0830853	9481919
FT-S4	0832070	9482801	0832065	9482808
FI-S3	0167331	9482999	0167344	9482989

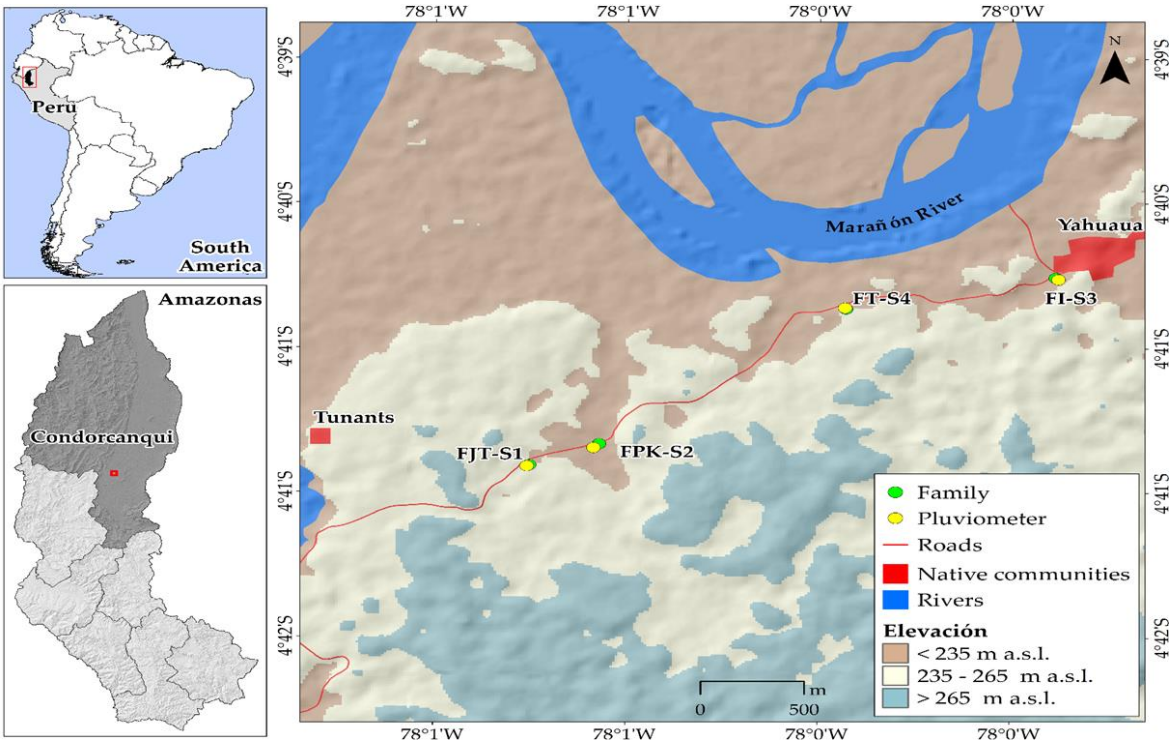

Figura 1. Mapa de ubicación de los prototipos

2.1.1. Metodología para la instalación y diseño de los sistemas

Para la obtención de datos generales de la población, vivienda, hábitos de consumo de agua y la evaluación del nivel de aceptación de los prototipos de captación y tratamiento de agua de lluvia, se realizó mediante la aplicación de encuestas. Por otro lado, se evaluó la precipitación mensual a través de datos obtenidos del SENAMHI, y de cuatro pluviómetros instalados en las comunidades de Yahuahua y Tunants. Para el diseño de los sistemas se determinó el área de construcción, el cual se verificó que cumpla con las condiciones mínimas de la zona y el número de usuarios. Para la construcción se tuvo en cuenta tres componentes principales: fierro, cemento y tubos. La estructura se realizó a base de hormigón mezclado con cemento. Con zapatas de 1 m x 1m, las columnas de apoyo fueron de un espesor de 30x25 cm. Las canaletas fueron de material PVC de 6” (Figura 2 y 3).

A **B**

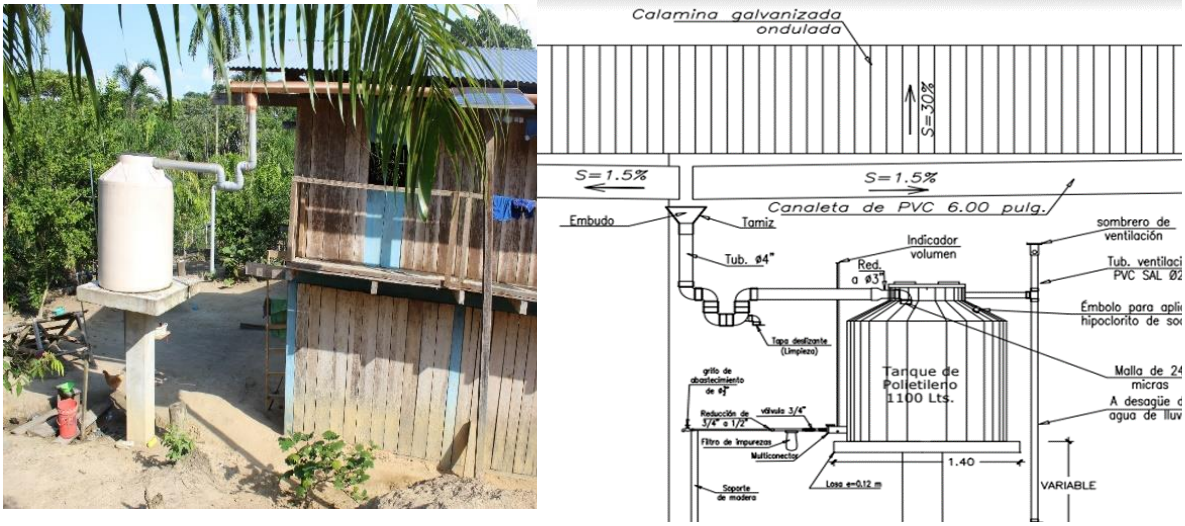

Figura 2. Fotografía del prototipo (A) Diseño del prototipo (B)

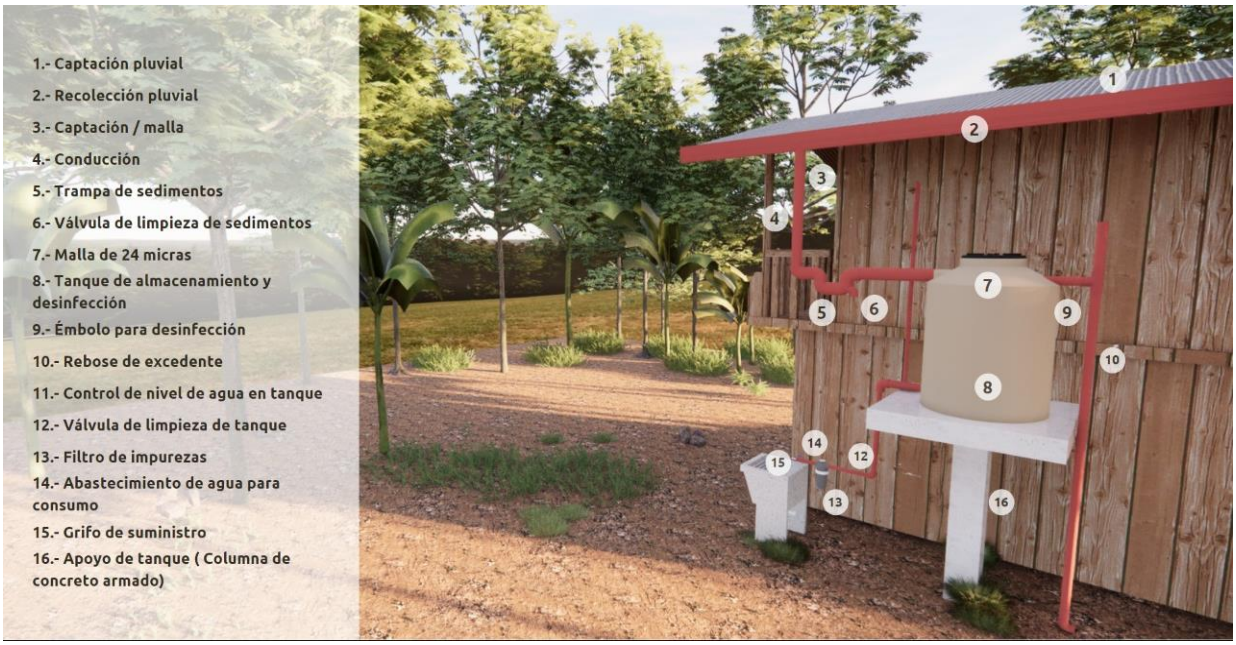

Figura 3. Prototipo de captación y tratamiento de agua de lluvia en 3D

2.1.2. Determinación de la factibilidad técnica

Para determinar la factibilidad técnica se realizó muestreos de calidad de agua durante los meses; diciembre del 2019, enero, febrero, setiembre y octubre del 2020. La selección de las muestras se realizó tanto a la entrada y salida de los prototipos. La recolección, almacenamiento y traslado de las muestras, así como el análisis de laboratorio se realizaron de acuerdo a Gilcreas, (1967). La toma de datos para el pH, fue in situ, con un medidor de agua multiparamétrico Hanna modelo HI 98194. Mientras que las muestras para determinar los parámetros fisicoquímicos de conductividad eléctrica (CE), turbidez, solidos disueltos totales (SDT), sólidos suspendidos totales (SST), alcalinidad, dureza, nitratos, nitritos, fosfatos, sulfatos, aluminio, cobre y zinc, estos se recogieron en envases de plástico trasparente. El recojo de las muestras para análisis microbiológicos de coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF), escherichia coli (EC), se recogió en frascos debidamente esterilizados de vidrio con capacidad de 500 ml. Éstos fueron transportados en un cooler con hielo seco a una temperatura de 5°C. Todos estos se analizaron en el Laboratorio de Suelos y Aguas del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Para mejorar la calidad de agua se realizó a través de la cloración, con legía comercial de manera mecánica, mediante la aplicación de una jeringa graduada y las mediciones de cloro residual se realizaron con colorímetro, modelo HANNA - HI729.

Agua cosechada

Para determinar el volumen del agua recogida en los sistemas, se tuvo en cuenta el tipo de material del techo y el coeficiente de escorrentía, a partir de ello se procedió a determinar la cantidad de agua captada (López et al., 2016).

$$Var = Ce * AC \quad (1)$$

$Var=$ Volumen de agua recogida por prototipo

$Ce=$ Coeficiente de escorrentía (0,9) lámina metálica galvanizada (Pique del pozo, 2018)

$AC=$ Área de captación

Demanda mensual de agua

Se evaluó la demanda mensual de agua por cada unidad familiar. Para ello se identificó la cantidad promedio de agua por persona, el número de personas y el periodo de consumo

analizado. Las prioridades o actividades que se tomó en cuenta es la demanda de agua a nivel individual, para ello se consideró la preparación de alimentos, higiene personal, limpieza de útiles y objetos personales (López et al., 2017).

$$Dma = \frac{Nu * Nd * Dot}{1000} \qquad 2$$

Dma=Demanda mensual de agua

Nu= Beneficiarios del sistema

Nd= Número de días del mes analizado (Depende del mes: 29, 30, 31).

Dotación de agua= (l/pers) x día: R.M. N° 192-2018-VIVIENDA.

2.1.3. Proyección de la demanda de agua

La proyección se realizó en mediante la utilización de diferentes áreas de techo, se utilizó como base los rezagos obtenidos en los meses de estiaje. Para luego determinar el área promedio de techo. Así como la masificacion de sistemas de captación en las comunidades de Yahuahua y Tunants.

2.2. Factibilidad económica

La factibilidad económica se determinó de acuerdo a la zona de ubicación de las viviendas y el área de los techos. Para ello se evaluó la cantidad de agua que puede aportar los sistemas, en este sentido se calculó el volumen de agua lluvia que puede captar los techos (oferta), y luego se comparó con las necesidades de agua de los integrantes (demanda) (Suárez et al., 2006). También se tomó en cuenta los costos y gastos de los insumos por unidad e incluyendo el diseño de planos. Así mismo se valoró los insumos y servicios de las familias.

2.2.1. Viabilidad económica

Para determinar la viabilidad económica se tomó en cuenta la metodología de evaluación socioeconómica de proyectos de captación de agua de lluvia y se evalúo la situación actual, oferta actual, demanda actual, descripción de la problemática (Domínguez et al., 2017).

Análisis Beneficio/Costo de los sistemas instalados en las comunidades nativas.

Para la evaluación del Beneficio/Costo de los prototipos se realizó evaluando el costo total del prototipo dividiéndose en tres fases:

a) Fase de pre inversión

Se tuvo en cuenta el acondicionamiento de los sistemas y la mano de obra empleada.

b) Fases de inversión

En esta fase se evalúo la construcción de los prototipos teniendo en cuenta los componentes de captación, conducción, almacenamiento, filtración, potabilización y distribución del agua de lluvia. También se tomó en cuenta el costo de oportunidad del terreno ya que la instalación del tanque ocupa un espacio.

c) Fase de Post inversión

En esta fase se determinó los costos de operación y mantenimiento considerándose el tiempo en que se debería realizar.

2.2.2. Costo beneficio

Para el análisis de costo-beneficio, se utilizó la fórmula 6, basado en Jianbing et al., (2010):

$$B/C=\frac{VAB}{Inv+VPC} \quad (6)$$

Donde:

B/C = Beneficio – Costo de los prototipos

VAB = Valor actual de los beneficios del agua de lluvia

Inv = Inversión

VPC = Valor Presente de los Costos

2.2.3. Rentabilidad social de los sistemas instalados

Valor presente neto social (VPNS)

Para indicar la rentabilidad de los prototipos se utilizó el indicador de proyectos Valor Presente Neto social (VPNS), el horizonte del proyecto proyectado fue de 5 años.

$$VPNS = \sum_{t=0}^{n} \frac{FEt}{(1+r)t} \quad 7$$

Donde

$VPNS$: Valor Presente Neto del proyecto Social

FEt: Flujo de efectivo del año t

t: Periodo de tiempo (número de años)

r: Tasa social de descuento del 10%

n: Número de años del horizonte de evaluación menos uno

$VANS > 0$: El valor indica que la inversión generará beneficios.

$VANS$= 0: El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas

$VANS$< 0: El proyecto de inversión se debe de postergar

La tasa de interés de retorno (TIRS)

El cálculo se realizó mediante la fórmula.

$$VANS = -I_0 1 + \sum_{t=1}^{n} \frac{\mathrm{F}t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} \ldots \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 8$$

Donde:

Ft. Flujos de dinero en cada periodo t

I_0. Es la inversión realiza en el momento inicial (t = 0)

n. Es el número de periodos de tiempo

2.2.4. Costo efectividad

El análisis costo efectividad se realizó mediante un análisis económico social y los costos de la evaluación sin proyecto se midieron como costos económicos y los resultados fueron valorados como unidades de efectividad, se partió del supuesto que las familias no cuentan con agua, para ello se analizó la pregunta ¿Cuánto podría costar el litro de agua? y la cantidad de veces que acarrean el agua, así como la demanda de agua por familia. Se comparó entre los costos que incurrían en no tener agua, frente a la situación de la satisfacción de tener agua en los sistemas de capacitación y tratamiento. Los costos identificados fueron en función al número de acarreos de agua y la pérdida de productividad por ir acarrear (El costo diario de trabajo se tomó en cuenta su reglamento interno de la comunidad nativa de Urakusa). Se utilizó la fórmula 9 y 10 para el cálculo del costo, diario y anual.

Cálculo del costo efectividad en acarrear agua de la quebrada (diario)

$$CE = \frac{Ta}{Jl} * Cj \ldots\ldots\ldots\

$Can = Cad * Da$ ……10

Donde:

Can=Costo anual del agua sin el sistema de captación

Cad=Costo de acarreo diario del agua

Da=Número de días del año

2.2.5. Comparación de costos con proyecto y sin proyecto

La evaluación se realizó a 5 años, se partió del cálculo del costo de agua anual sin proyecto (proyectado a 5 años), teniendo en cuenta el aumento de las familias (85 familias al 2021-2026). Del mismo modo se calculó la proyección (2021-2026), para la situación con proyecto, y se comparó los costos.

2.3. Gestión e implementación orientada al aprovechamiento, uso masificado del agua de lluvia

En base a la experiencia y los resultados obtenidos se desarrolló lineamientos de captación y tratamiento de agua lluvia en el contexto de las comunidades nativas con el fin de su uso masificado. Mediante la aplicación de entrevistas y formatos de encuestas.

Procesamiento de datos.

El análisis estadístico se realizó aplicando una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, para identificar si hay diferencias significativas para los análisis de calidad de agua de lluvia (época de estiaje y época de lluvias), se realizó mediante el software Minitab 17.1 versión en español.

III. RESULTADOS

3.1. Factibilidad técnica

El promedio de usuarios en las viviendas seleccionadas fue de seis integrantes por familia (Figura 4). Los habitantes de las comunidades de Yahuahua y Tunants, se abastecen de agua de las quebradas o lagos cercanos. Comúnmente acarrean en baldes con la finalidad de abastecerse de agua durante el día. Y la principal causa que no construyen un sistema de captación de agua lluvia, sabiendo que el agua que carrean de las quebradas es de mala calidad, es el factor económico.

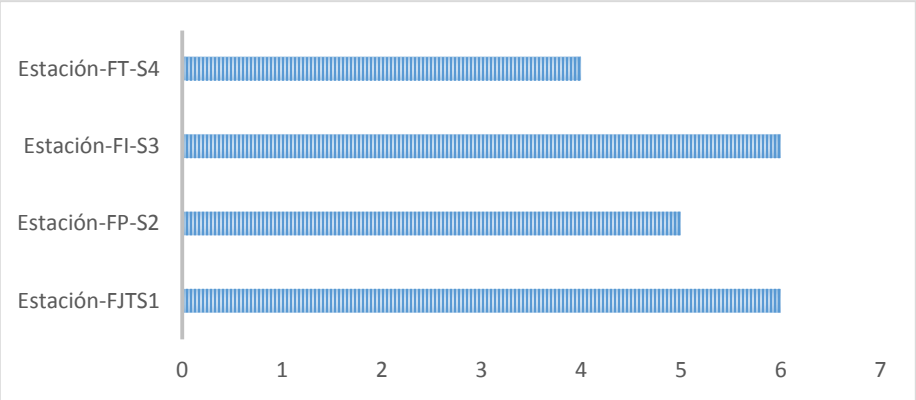

Figura 4. Integrantes por familia

Diagnóstico de la instalación de los sistemas

El diagnostico de los sistemas de captación de agua (Calidad de agua de lluvia), se determinó por la cantidad de precipitación mensual. Figura 5, se muestra los datos del SENAMHI, desde el 2016 hasta el 2019. Donde se puede ver variaciones de lluvia por año, la precipitación mínima fue de 1376. 4 mm/año y la máxima fue de 2227. 8 mm/año.

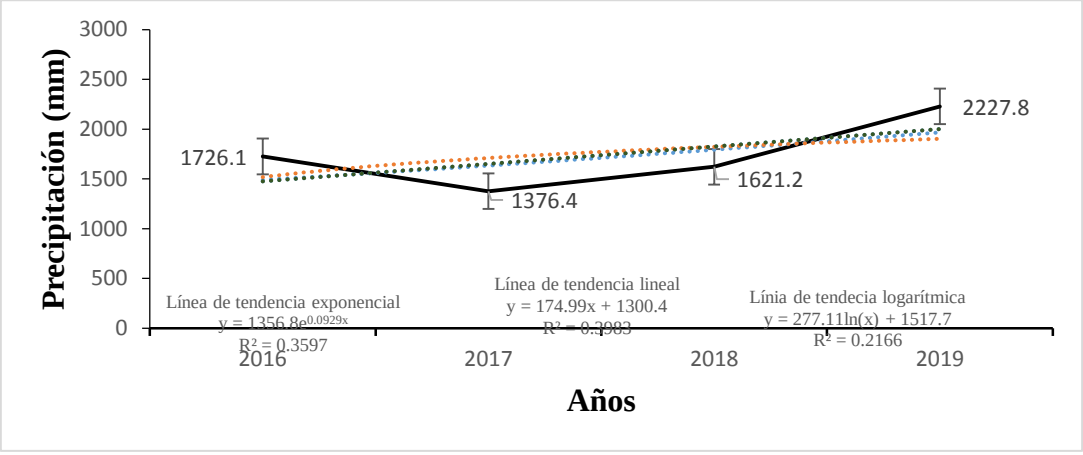

Figura 5. Precipitación histórica de la comunidad de Nieva.

3.1.1. Cantidad de precipitación en Yahuahua y Tunants

Los datos recolectados de los pluviómetros instalados en la zona de estudio, se evidenció precipitaciones elevadas para el mes de diciembre fue en la comunidad de Tunants 396.2 mm y el mes de junio con 429 mm (Figura 6). Las precipitaciones más bajas fueron para el mes de agosto (24 mm), correspondiente a la zona de Yahuahua y 5.76 mm para Tunants.

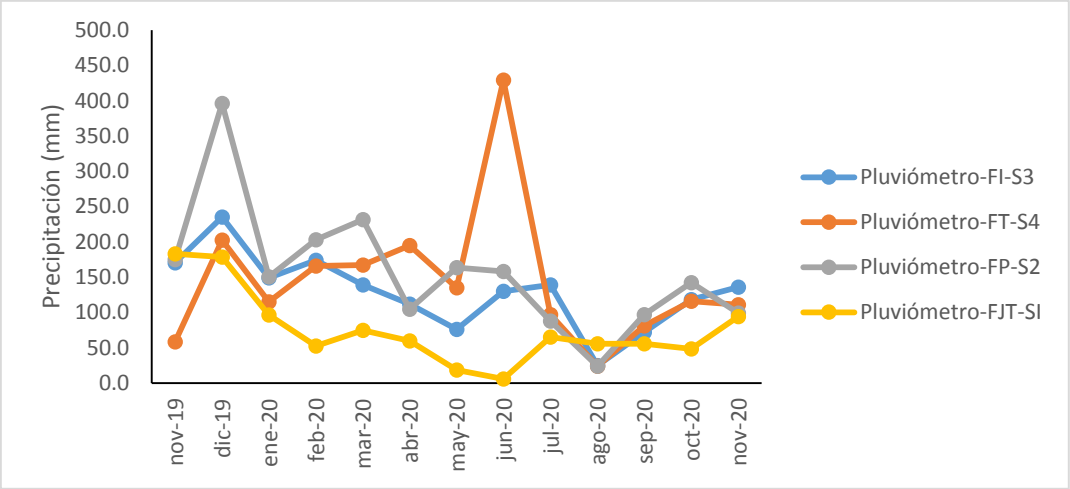

Figura 6. Evolución de las precipitaciones; FI-S3=Pluviómetro (sistema tres); FT-S4= Pluvió-metro (sistema cuatro); FP-S2=Pluviómetro (Sistema dos); FJT-SI=Pluviómetro (sistema uno).

Figura 7, se muestra la variación de la precipitación anual en las estaciones con un máximo de 2032.1 mm y mínimo de 987.64 mm.

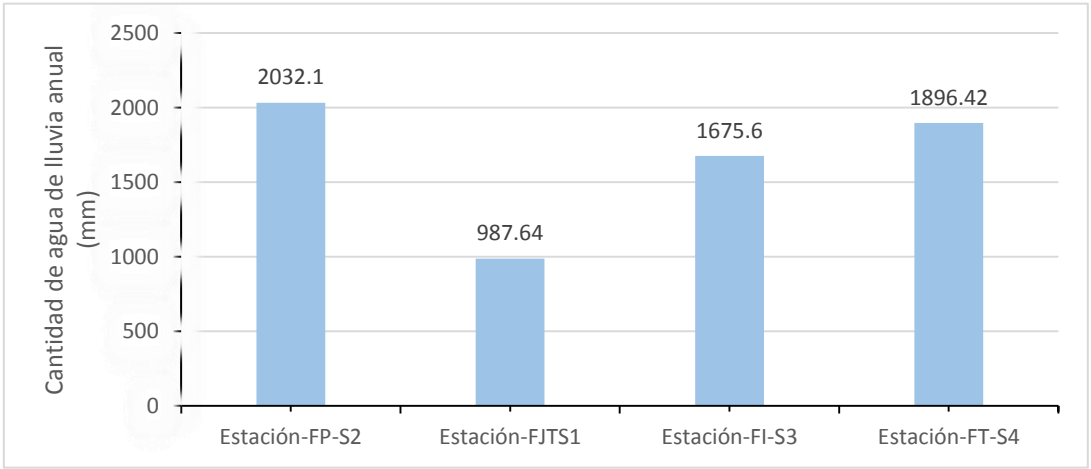

Figura 7. Precipitación total anual en las estaciones

3.1.2. Cantidad y demanda de agua de lluvia recolectada

La cantidad de agua colectada en los sistemas, fue disparejo, donde se evidenció que para el sistema de la familia FI-S3, hubo mayor cantidad de agua. Así como la escasez fue bastante pronunciada en la época de verano, correspondiente a los meses de junio, julio, agosto (Tabla 2).

Tabla 2. Cantidad de agua colectada por sistemas

Mes	**Captación de agua mensual (L)**			
	FPK-S2 (AT=40M2)	**FJT-S1(AT=60 M2)**	**FT-S4 (AT=40M2)**	**FI-S3 (AT=50 M2)**
Nov-19	6296.4	9877.68	4834.8	7672.5
Dic-19	14263.2	9637.92	7290	10575
Ene-20	5414.4	5214.24	4140	6705
Feb-20	7315.2	5522.58	5962.32	7830
Mar-20	8330.4	4028.4	6012	6255
Abr-20	3772.8	3218.94	7020	5031
May-20	5882.4	988.2	4860	3420
Jun-20	5684.4	311.04	9612	5850
Jul-20	3168	3528.9	3492	6255
Ago-20	864	2995.38	864	1125
Set-20	3481.2	3008.88	2916	3240
Oct-20	5119.2	2613.6	4176	5323.5
Nov-20	3564	5076	3996	6120
Total	73155.6	56021.76	65175.12	75402

Demanda mensual de agua

Tabla 3, el rezago en el sistema FI-S3 fue de 4122 L, aunque el rezago anual es positivo; se observa que los meses de agosto, setiembre y octubre fue la época más crítica con valores negativos (-4455, -2160 y -257 L). En tal sentido tuvieron que disminuir el uso de agua y destinarlo exclusivamente para la preparación de alimentos. El sistema FJT-SI y FT-S4 el rezago anual fue de -15258 y -59473 L el déficit de agua se observó en casi todos los meses, generalmente estos valores negativos están asociado al uso de agua en la lavandería y la ducha (en los meses que el rezago es negativo se debe priorizar el uso de agua). El tanque de los sistemas de almacenamiento de 1100 litros, fue suficiente para abastecer todas sus necesidades de las familias por una semana; en el supuesto que no llueva. Sin embargo, si solo priorizan el agua para consumo de alimentos puede abastecer hasta 15 días. Se determinó que los meses de lluvias se necesita tanques de almacenamientos de 460 L de capacidad como máximo, por tanto, los tanques elegidos son los de 1100 L; se justifica porque las lluvias son constantes y hay días que incluso para el sistema FI-S3, solo se necesita un recipiente de 15.00 L para abastecer de agua a la familia.

Tabla 3. Demanda mensual de agua por familia

Mes	d/m	De L/F	Sistema (FI-S3)		Sistema (FJT-SI)		Sistema (FPK-S2)		Sistema (FT-S4)	
			Rez (L)	Vol. máximo tanque/día (L)	Rez (L)	Vol. máximo tanque/día (L)	Rez (L)	Vol. máximo tanque/día (L)	Rez (L)	Vol. máximo tanque/día (L)
Nov-19	30	5400	2273	76	4478	149	896	30	-565	-19
Dic-19	31	5580	4995	161	4058	275	-4684	309	-6145	37
Ene-20	31	5580	1125	36	-366	264	4000	304	-4435	-10
Feb-20	29	5220	2610	90	303	292	4194	397	-5515	15
Mar-20	31	5580	675	22	-1552	223	5929	460	-5133	28
Abr-20	30	5400	-369	-12	-2181	158	8860	421	-4521	83
May-20	31	5580	-2160	-70	-4592	5	7052	417	-3081	57
Jun-20	30	5400	450	15	-5089	-165	7535	441	-3621	200
Jul-20	31	5580	675	22	-2051	-226	7639	349	411	126
Ago-20	31	5580	-4455	-144	-2585	-309	5227	196	-1677	-26
Set-20	30	5400	-2160	-72	-2391	-399	691	139	-6213	-110
Oct-20	31	5580	-257	-8	-2966	-482	-1408	120	-8877	-152
Nov-20	30	5400	720	24	-324	-509	-1688	63	-10101	-203
Total	396	71280	4122	140	-15258	-722	44244	3645	-59473	27

d/m=días del mes; Rez =rezago; De L/F=demanda de agua litros/familia; (L)=litros.

3.1.3. Proyección de la captación de agua a diferentes áreas

Tabla 4 y Figura 8, se muestra las proyecciones idóneas de cobertizos a utilizar, para futuros proyectos de inversión. En tal sentido el área promedio a utilizar es de 89 m^2, con una recolección de 165884.4 litros/año.

Tabla 4. Proyecciones de áreas idóneas de captación de agua de lluvia

	Viviendas (S.P)		Viviendas (C.P)		Inversión/Futura
Vivienda	Área de las viviendas (m^2)	Recolección de A. LL (L/Año)	Área proyectada (m^2)	Recolección de A. LL (L/Año)	Área recomendada (m^2)
FPK-S2	40	73156	70	128022	89
FJT-S1	60	56022	85	79364	
FT-S4	40	65175	91	148273	
FI-S3	110	165884	110	165884.4	

Viviendas (S. P) =Viviendas sin proyección; Viviendas (C. P) =viviendas con proyección; A. LL=Agua de lluvia

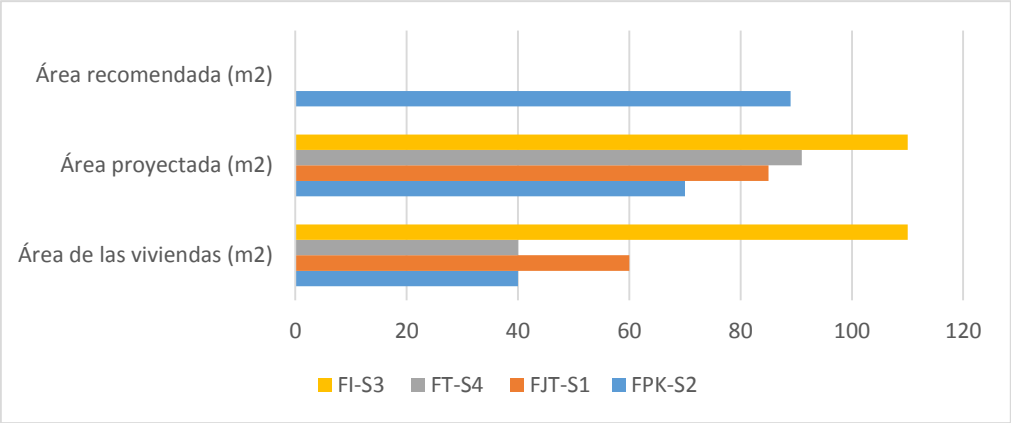

Figura 8. Proyección de áreas para la captación de agua

3.1.4. Calidad de agua en los prototipos de captación y reutilización de agua de lluvia

Tabla 5, se menciona los resultados de los parámetros fisicoquímicos para el sistema comparado con el reglamento de la calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA.

Tabla 5. Resultados de calidad de agua en la época de lluvia

Sistemas	**Parámetros fisicoquímicos (Época de lluvia)**										
Muestras (Entrada/Salida)	pH	Turbidez (UNT)	SDT (mg/L)	SST (mg/L)	Alca ppm (CaCO3)	Dur ppm (CaCO3)	Nitra (NO3)	Nitritos (NO3)	Alum	Cobre	Zinc
FPK-S2(Entrada)	6.77±0.08	0.87±0.76	22.20±32.3	43.91±58.	36.57±24.1	12.81±1.4	1.01±1.12	0.27±0.4	0.07±0.12	0.03±0.04	1.70±2.45
FPK-S2(Salida)	6.84±0.16	0.53±0.55	12.56±16.4	52.83±68.1	11.13±0.6	13.09±2.7	0.27±0.46	0.17±0.29	0.07±0.11	0.01±0.01	0.65±0.69
FJT-S1 (Entrada)	6.80±0.16	1.27±1.78	6.47±4.10	28.83±22.2	14.71±5.8	14.05±4.6	2.25±2.73	0.13±0.23	0.07±0.12	0.02±0.03	2.09±1.99
FJT-S1 (Salida)	6.78±0.15	0.70±0.75	4.20±0.96	17.70±20.3	14.71±5.8	11.16±1.2	3.31±5.73	0.00	0.08±0.12	0.07±0.01	0.48±0.78
FT-S4(Entrada)	6.63±0.24	0.80±0.72	4.87±1.01	26.60±24.0	22.27±1.3	11.99±1.8	1.75±1.59	0.03±0.06	0.12*±0.1	0.01±00	0.84±0.74
FT-S4(Salida)	6.77±0.16	3.33±4.69	4.40±1.26	21.33±10.0	18.69±6.9	12.81±1.4	0.77±0.75	0.00	0.07±0.13	0.01±0.01	0.75±0.66
FI-S3(Entrada)	7.09±0.68	0.76±0.80	9.30±5.72	27.67±20.0	18.69±6.9	14.47±5.8	3.60±4.71	0.00±0.01	0.08±0.13	0.01±0.01	2.18±2.55
FI-S3 (Sslida)	6.97±0.27	0.65±0.71	4.70±1.73	22.85±18.7	14.71±5.8	10.75±4.3	1.00±0.94	0.00±0.01	0.11*±0.2	0.01±0.01	1.03±0.89
D.S. N° 031-2010-SA	6.5- 8.5	5 UNT	1 000 mg/l	nc	nc	500mg CaCO3/l	50,00 mg NO3 L -1	3,00 mg NO2 L-1 Exposición corta	0.2 mg Al/l	2 mg Cu/l	3.0 mg Zn/l

* No cumple; nc= no contemplado en la norma

Los resultados fisicoquímicos para la época de estiaje se muestran en la Tabla 6, donde el aluminio es el parámetro que no cumple con el reglamento de calidad de agua (D.S. N° 031-2010-SA)

Tabla 6. Resultados de calidad de agua época de estiaje.

PM (Entrada /Salida)	**Calidad de agua en la época de estiaje**			
	pH	**Turbidez (UNT)**	**Aluminio**	**Zinc**
FPK-S2(Entrada)	6.95±0.12	1.75±0.21	0.67*±0.69	2.51±0.84
FPK-S2 (Salida)	6.99±0.05	1.10±0.42	1.26*±1.44	1.82±0.24
FJT-S1(Entrada)	6.80±0.27	1.20±0.28	0.16±0.04	2.06±0.44
FJT-S1 (Salida)	6.81±0.18	1.55±0.21	0.29*±0.20	2.59±0.86
FT-S4 (Entrada)	7.07±0.13	1.35±0.21	0.21*±09	3.12*±2.12
FT-S4 (Salida)	7.03±0.12	1.85±0.07	0.24*±0.13	3.30*±2.31
FI-S3 (Entrada)	7.30±0.08	1.90±0.14	0.46*±0.28	4.93*±3.89
FI-S3 (Salida)	7.29±0.08	2.20±0.28	0.22*±0.01	4.92*±3.90
D.S. N° 031-2010-SA	6.5 - 8.5	5 UNT	0.2 mg Al/l	3.0 mg Zn/l

* No cumple con el reglamento de calidad del agua para consumo humano; nc= no contemplado en la norma

3.1.5. Análisis microbiológicos para la época de lluvia

Los resultados para los parámetros microbiológicos en época de lluvia, estuvieron por encima del reglamento de calidad de agua (Tabla, 7), para la época de estiaje, se evidenció que los parámetros microbiológicos a la entrada del prototipo sobrepasan la normativa (D.S. N° 031-2010-SA). Mientras que a la salida del prototipo los parámetros microbiológicos cumplen con la normativa.

Tabla 7. Resultados de los parámetros microbiológicos

Parámetros microbiológicos (Época de Lluvias)				
Sistemas	PM	CT (NMP/100mL)	CF (NMP/100mL)	E. COLI (NMP/100mL)
FPK-S2	E	1600*	180*	2*
	S	350*	130*	0
FJT-S1	E	>1600*	>1600*	17*
	S	13*	13*	5*
FT-S4	E	920*	1600*	4*
	S	1600*	< 1,8	1600*
FI-S3	E	1.568*	81*	>1600*
	S	1.524*	23*	13*
Parámetros microbiológicos (Época de estiaje)				
FPK-S2	E	234*	99*	NT
	S	<1.8	<1.8	NT
FJT-S1	E	8.5*	7	NT
	S	<1.8	<1.8	NT
FT-S4	E	239.5*	20.5*	NT
	S	<1.8	<1.8	NT
FI-S3	E	280*	84*	NT
	S	<1.8	<1.8	NT
D.S. N° 031-2010-SA		< 1,8	< 1,8	< 1,8

*No cumple con la norma (D.S. N° 031-2010-SA); NT=Muestras no tomadas.

Tabla 8, los parámetros de pH, turbidez y zinc; estos no muestran diferencias significativas entre las épocas de muestreo. Mientras que para el aluminio si hay diferencias significativas.

Tabla 8. Análisis estadístico entre épocas de estudio

	pH (ns)	**Turbidez (ns)**	**Aluminio***	**Zn (ns)**
Época de lluvia	6.82± 0.35	1.24± 0.70	0.13± 0.10	2.55±1.58
Época de estiaje	7.02± 0.22	1.58± 0.41	0.37± 0.34	3.15±1.94

ns: No hay diferencia estadística * Si hay diferencia significada

3.2. Factibilidad económica

La inversión inicial de los sistemas fue de S/2600 a todo costo, y su mantenimiento es de S/ 70 al año. La evaluación económica a una tasa de descuento del 10 %, resulta que el VANS es de S/ 1 911. La TIRS estuvo por encima de la tasa de descuento el cual indica que es rentable la inversión futura de los sistemas. Los beneficios anuales a las familias son de S/1,260, valorizados el tiempo en carrear el agua a sus viviendas y el costo por consumir agua limpia (Tabla 9).

Tabla 9. Costos y beneficios de los sistemas de agua de lluvia

Costos y beneficios	
Inversión Inicial	s/ 2600
Mantenimiento de los sistemas (Año)	S/70
Beneficios (anual)	S/1260
VANS	S/1911
TIRS	36%
B/C	S/1.73

VANS=valor actual neto social; TIRS=tasa de interés de retorno social; B/C=beneficio costo

3.2.1. Análisis del costo efectividad

La valorización del costo del agua se realizó partiendo del supuesto de ¿Cuánto ahorraría la familia en dejar de acarrear el agua? en ese sentido se tomó en cuenta el tiempo de acarreo. El tiempo promedio por familia es de 2.34 horas/día en carrear agua solo para la preparación de alimentos y el lavado de platos (Tabla 10). El costo anual del abastecimiento de agua, para la preparación de alimentos fue de 4203 soles, sin valorizar el tiempo que les lleva las tardes en ir a ducharse. Comparando con el costo de acarreo de agua en un año, con menos de la mitad pueden instalar un sistema de captación y reutilización de agua propuesto (S/2,600).

Tabla 10. Descripción de costos por acarreo de agua

Descripción	Unidades	Valor
Tiempo de acarreo de agua	Horas/día	2.34
Jornada diaria	Horas/día	8
Costo del peón	Soles/día	40
Costo por acarreo en baldes de 10 litros	Soles/día	11.68
Costo total de acarreo	Soles/mensual	350.25
Costo total de acarreo	Soles/anual	4,203.00

3.2.2. Horizonte de evaluación sin proyecto y con proyecto

La evaluación se realizó a 5 años en base al costo total de acarreo por año (Tabla 11). Se muestra el costo de acarreo durante el horizonte de evaluación (2021-2026), es de S/. 2´181,35 valor que corresponde a la sumatoria de los costos de acarreo anuales en los años: 0, 1, 2, 3, 4 y 5. Es importante mencionar que, a la actualidad, estos costos son cubiertos por la población, durante los tiempos en acarrear el agua. Por tanto, no les permite el desarrollo normal de sus actividades (sociales, familiares, económicas, educativas, etc).

Tabla 11. Costos de inversión durante el horizonte de evaluación

Año	0	1	2	3	4	5	TOTAL
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2021-2026
Número de familias	84	85	86	87	88	89	89
Costo anual (S/.) *	353,05	357,25	361,45	365,66	369,86	374,06	2,181,35

*Costo de acarreo sin proyecto (S/. 4,203.00 por familia)

En la Tabla 12, se muestra la inversión para la implementación del sistema de captación y tratamiento de aguas de lluvias, las mismas que en el último año del horizonte de evaluación (año 5=2026), se tiene 89 familias para un costo de inversión anual por familia de S/. 2, 600.00, teniéndose un total de inversión de S/. 231,400

Tabla 12. Costos de implantación del sistema de captación y tratamiento de agua de lluvia (89 Familias).

Año	0	1	2	3	4	5	TOTAL
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2021-2026
Número de familias	84	85	86	87	88	89	89
Costo de inversión (S/.)*	218,400	221,000	223,600	226,200	228,800	231,400	231,400

*Costo de inversión de los sistemas es S/. 2,600.00 por familia

Tabla 13, se aprecia el flujo de costos durante el horizonte de evaluación en el cual se tiene que, con el 10% del costo de acarreo total que incurren los pobladores de la localidad (Tunants y Yahuahua), se podría solucionar el problema de abastecimiento de agua y les permitiría realizar sus labores adecuadamente.

Tabla 13. Comparación de costos sin proyecto y con proyecto

Descripción	Sin proyecto	Con proyecto
Acarreo de agua	2,181,357	0
Inversión	0	231,400
OM*	0	31,150
Total	2,181,357	262,550

OM*=Operación y mantenimiento

3.3. Propuesta de un mecanismo de gestión e implementación de prototipos de captación de agua de lluvia

Para la implementación de los sistemas de captación y tratamiento agua de lluvia se realizó mediante un diagnóstico inicial, de acurdo a la realidad y la necesidad de la población contemplada:

A) Socialización en comunidades indígenas

La socialización de los pobladores se realizó mediante la educación ambiental, inculcando al uso sostenible del agua de lluvia, el cual conlleva a orientar, realizar cambios, sensibilizar a

los consumidores y darle un mejor uso. En tal sentido se da a conocer los linimentos para la implementación de un proyecto de captación de agua de lluvia:

1. Socializar a las familias y escuchar sus puntos de vista (Figura 9).

Figura 9. Socialización con las familias beneficiarias

2. Determinar el área destinada para la ubicación del sistema

   Para implementar los sistemas de captación de agua de lluvia, es importante realizarlo en función a las necesidades de la zona. Así como la provisión de materiales, antes de empezar a construir los sistemas de captación (esto dependerá de acuerdo al tamaño del tanque de almacenamiento proyectado) (Pizarro et al., 2015).
3. Acondicionamiento de los tanques de almacenamiento, se realizó usando canaletas con sus respectivos coladores, dependiendo del acceso de materiales de la zona. Y se debe de tener en cuenta al momento del diseño el rebose del agua (Figura 10), esto permitirá, encausar el agua hacia un interceptor y estos deben contar con mallas para evitar el ingreso de roedores (Agatón, et al., 2016). La verificación del funcionamiento es importante en los prototipos (Se realizó para asegurar que los tanques no haya fugas de agua).

Figura 10. Ventilación del rebose (1); Salida del rebose (2)

4. **Mantenimiento y monitoreo de los prototipos.**

   El mantenimiento se realizó una vez al mes, con la finalidad de eliminar partículas que hayan sido introducidas por roedores o animales domésticos que suelen andar por los techos (Figura 11).

Figura 11. Mantenimiento de los sistemas de captación de agua.

5. **Sedimentación de metales pesados**

De acuerdo al Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano la desinfección y cloración es lo más accesible en las comunidades nativas. Y esta se realizó de manera convencional, el cual se agregó una gota de legía comercial por cada litro de agua y se agitó el agua de manera uniforme, dejándole reposar por 30 minutos.

El aluminio y zinc, arrojo valores por encima de la norma peruana, el cual se deja la propuesta de gestión:

a) Para aluminio, se recomienda oxigenar el agua de manera artesanal para que reaccione con el O^{-2} y precipite en forma de hidróxido de aluminio ($Al(OH)_3$. ↓

$Al^{+3} + O^{-2} \rightarrow Al\ O_3 + H_2O \rightarrow Al(OH)_3\downarrow$

b) Propuesta de gestión para el Zinc, se recomienda oxigenar el agua de manera artesanal para que reaccione con el O^{-2} y precipite en forma de hidróxido de Zinc ($Zn(OH)_2$. ↓

$Zn^{+2} + O^{-2} \rightarrow Zn\ O + H_2O \rightarrow Zn(OH)_2\downarrow$

IV. DISCUSIÓN

Los habitantes de las comunidades de Yahuahua y Tunants, se abastecen de agua de las quebradas o lagos cercanos. El máximo de integrantes de la familia que usan el agua son 6 personas. De las familias seleccionadas el 50% se dedica a la agricultura (cultivo de maíz y yuca) con extensiones en promedio de una hectárea por familia. Las fuentes de agua directas se encuentran contaminados por fuentes antrópicas y naturales (Castillo et al., 2020). Comúnmente las aguas se transportan en galones/y baldes de 10 litros de capacidad para poder abastecerse durante el día, mientras que, para la ducha, los habitantes se tienen que dirigir a la quebrada. Por otro lado, las familias almacenan el agua en recipientes grandes (entre 100 y 1000 litros de capacidad) con la finalidad de sedimentar partículas, de acuerdo lo demostrado por Chulluncuy (2011).

De los datos recolectados en los pluviómetros instalados, se evidencio precipitaciones elevadas en el mes de diciembre 396.2 mm (Pluviómetro-FP-S2) y junio con 429 mm (Pluviómetro-FT-S4) correspondiente a Tunants y Yahuahua respectivamente. Las precipitaciones más bajas fueron para el mes de agosto (24 mm), correspondiente a la zona de Yahuahua y 5.76 mm para Tunants. En consecuencia, las precipitaciones en las dos comunidades fueron constantes, y permitió abastecer los sistemas de captación de agua. Las variaciones de precipitación anual en las estaciones con un máximo de 2032.1 mm y mínimo de 987.64 mm. Mientras que el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), las precipitaciones en el distrito de nieva oscilan entre 1376.4 2227.8 mm anuales (Vargas, 2010).

En el prototipo de la familia FPK-S2 arrojó mayor cantidad de agua con un máximo de 14263.2 L (diciembre) y mínimo de 311.04 L (junio). La escasez fue pronunciada en la época de verano, correspondiente a los meses de junio, julio, agosto. La cantidad de agua de lluvia captada, está asociada al área de los techos. En tal sentido se proyectó medidas de áreas de techo, en función a los rezagos negativos para la época de estiaje. Se determinó que el área promedio para instalar futuros proyectos de inversión es de 89 m^2. Las precipitaciones están relacionadas con las estaciones del año (Sarricolea, 2015). El consumo familiar de agua en comunidades nativas fue de 71 280 L/Año. Siendo de gran importancia el diseño de los prototipos de captación de agua de lluvia con la finalidad de abastecer a las familias (Ward

et al., 2010). El consumo por persona fue de 32.55 L, con número promedio de 6 usuarios. Siendo superior al estudio realizado por Rojas-Valencia, (2012) en México, tomaron en consideración que cada persona gasta 10 L/día es suficiente para sus necesidades básicas de una residencia. Los tanques de almacenamiento fueron de 1100 litros, suficiente para abastecer todas sus necesidades de las familias por una semana; en el supuesto que no llueva. Sin embargo, si solo priorizan el agua para consumo de alimentos puede abastecer hasta 15 días.

Los parámetros fisicoquímicos cumplen con la normativa, durante la época de lluvia, sin embargo, el aluminio fue el parámetro que sobrepaso la norma de calidad de agua, en los sistemas de la familia FT-S4 y FI-S3. En la época de estiaje para la familia FPK-S2 y FJT-S1, sobrepaso el parámetro de aluminio. En ese sentido el aluminio y zinc, resultaron estar por encima de la norma peruana. Esto pudo deber sucedido por la estructura de los techos galvanizados, estos registran niveles altos de zinc y plomo, superando los valores permisibles para consumo humano (Eruola et al., 2010). La atmósfera se puede encontrar contaminada por metales pesados, producto de las actividades de combustión de combustibles fósiles, de crudos de petróleo, las fuentes de tráfico vehicular y quema de bosques (Rodríguez-Heredia, 2017). Por tanto, la contaminación en las comunidades en estudio se encuentra a plena carretera, esto pudo haber influido en que el agua lluvia no cumpla con las normas de calidad, en los parámetros de aluminio y zinc. La dispersión de los contaminantes a nivel local, puede depender de la velocidad y dirección del viento, la temperatura, el grado de estabilidad atmosférica (Mejía et al., 2013). Estudios demuestran presencia de concentración de metales pesados en el agua de lluvia, tales como arsénico, cadmio, cromo, cobre, mercurio, plomo, zinc, estos pueden depositarse en aguas superficiales y suelos afectando a los sistemas biológicos debido a su elevada toxicidad (Mata, 1853). Otros estudios mencionan que existen variaciones en su composición a escala local, y están influenciados por las actividades antrópicas, en el norte de Jordania se han registrado elevadas concentraciones de aluminio en las lluvias, se atribuye a la fuerte incursión, en la zona, del polvo proveniente del desierto del Sahara (Al-Momani, 2003). En tal sentido es importante los sistemas tratamiento, después de la captación; tal como la aplicación de cloro para reducir la abundancia de microbios (Richards et al., 2021).

Los microorganismos encontrados en agua de lluvia, podrían afectar la salud humana, son las bacterias E. coli y Enterobacter aerogenes, haciéndose obligatorio el tratamiento del agua antes de ser consumida (Rojas-Valencia, 2012). En ese sentido los parámetros microbiológicos se pudieron observar que en la época de lluvia todos sobrepasan los valores establecidos en la norma peruana. Mientras que en la época de estiaje se pudo notar bacterias CT, CF en las muestras tomadas en la entrada, y en las muestras de salida no se encontró microorganismos. El cual se afirma con estudios que hacen énfasis en el tratamiento de agua de lluvia antes de ser consumida (Arboleda, 2016). La contaminación por heces de animales de sangre caliente como aves y gatos (Chidamba & Korsten, 2015). Este hecho fue comprobado pues se encontraron heces de animales sobre las superficies de los techos durante el periodo de colecta de agua de lluvia. El tipo de techo, diseño del sistema y área geográfica también puede influir en la calidad de agua (Gispert et al., 2018). La duración de la lluvia influyen en la variación de los parámetros de calidad de agua; por lo tanto, se recomienda que se implemente sistemas de captación de agua de lluvia que no degrade los techos, así como una limpieza constante de los techos (Avilés, 2020).

La presencia de nitratos por lo general se encuentra en zonas agrícolas, el agua de lluvia podría tener una mayor concentración de nitratos debido a los residuos de fertilizantes en la atmósfera (Thomas & Greene, 1993). El pH es el parámetro que no mostro variación significativa, su comportamiento estuvo dentro de la normativa de calidad de agua. Es importante conocer su importancia del pH del agua de lluvia, dado que permitirá determinar el grado de contaminación, ocasionados por óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno (Osang et al., 2017). Estos valores son similares a Chubaka et al., (2018), que concentró en los techos de chapa de amianto, valores de pH (6,75), dureza total (84 - 86mg/l), concentración de aluminio (3 - 9 mg/l), cobre (0,03 - 0,04 mg/l), nitrato (31,9 - 39mg/l), y valor de sulfato entre 11- 14mg/l.

La concentración de nitrato por encima de 50 mg/l en el agua es perjudicial para la salud, pudiendo ser los más afectados los bebes debido a la formación de metamoglobinamea (Li et al., 2020). El impacto de los microorganismos en el agua de lluvia es un problema para la salud, sin embargo, serán necesarios más estudios para abordar el efecto sobre la salud (Despins et al., 2009; Kim et al., 2005). La importancia de clorar el agua radica en eliminar

microrganismos del agua, en tal sentido la desinfección se realizó con legía comercial, a una proporción de 5 gotas por cada galón (de 5 litros), y se deja reposar por 30 minutos antes de utilizarse" (Naranjo et al., 2010). Esto se pudo notar en la época de estiaje, el cual se aplicó una cloración antes de que el agua sea captada para su consumo, evidenciándose ausencia de CT. Siendo eficaz la operación y mantenimiento de los sistemas de captación de agua de lluvia, garantiza la calidad del agua para el consumo humano (Çelik et al., 2018; Domènech et al., 2012). Así mismo se debe de oxigenar el agua de lluvia, captada en los estanques, con la finalidad de sedimentar partículas y elementos de aluminio y Zinc. Por ser una técnica fácil y económica para su aplicación el contexto de comunidades nativas.

De la evaluación económica se determinó que con 2.600 soles se puede establecer un prototipo para captación y reutilización de agua, implementado. Y cuenta con beneficios anuales de 1260 soles. El VANS arrojo el valor de 19911 soles con una TIRS de 36%, con un beneficio costo de 1.73 soles por cada sol invertido. El costo del agua de lluvia recogida, puede ser hasta nueve veces menor que el del agua desalinizada o tratada, y se necesita políticas que promuevan la construcción e instalación de sistemas de captación de agua de lluvia (Vargas-Parra et al., 2014). Es recomendable instalar coladores (mallas) que sirva como trampa para las partículas grandes y hojas de los árboles que cae en el techo y obstruyan el sistema (Abdulla & Al-Shareef, 2009).

La importancia de un proyecto en comunidades nativas es la socialización y capacitación previa para el mantenimiento de los sistemas implementados (Nicolas-Artero, 2016). La planificación y gestión del agua lluvia puede reducir riesgos, prevenir daños ocasionados a la salud, y cuenta con ventajas físicas, culturales y permite utilizar materiales de la zona (Pacheco, 2008). De acuerdo al análisis estadístico, para el aluminio se encontró diferencias significativas entre épocas, y los otros parámetros no se encontraron diferencias estadísticas.

Las prácticas de recolección del agua de lluvia deben ser tan simple como canalizar la lluvia que corre por un techo a un área específica de manera directa o por otra parte se puede implementar sistemas más complejos que de manera típica incluyen canales, tuberías, tanques de almacenamiento con un sistema de tratamiento para consumo humano (Davey et al., 2008). El agua de lluvia es una fuente relativamente libre de impurezas, que puede ser calificada como agua para consumo humano, a través de la implementación de buenas

prácticas (Dolores & Gómez, 2017). Así aportaría en la reducción de tasas de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA). Tal como concluye Delpla et al., (2009) la mala calidad del agua conduce a un aumento de las situaciones de riesgo en la salud. Otro de los beneficios de los sistemas de captación de agua de lluvia es la disminución de la vulnerabilidad de las avenidas, desbordamiento de cauces; siendo estrategias de implementación de gestión de riesgos de desastres (Suárez et al., 2006).

El Panel de Alto Nivel sobre el Agua advirtió que, de no tomarse acción alguna, podría producirse un 40% de escasez en la disponibilidad de agua para 2030. Dado que las tecnologías tradicionales han demostrado no ser suficientes para resolver la escasez y calidad del agua a nivel global (UNESCO, 2019). Por tanto, es necesario la implementación de políticas de aprovechamiento del agua de lluvia en zonas rurales que el acceso al agua potable es un bien postergado (Domínguez & Jiménez, 2010). La salud en el mundo depende no sólo de la cantidad de agua suministrada, sino de su calidad; dado que la cuarta parte del mundo sufren dolencias debido a la insalubridad del agua (Cabezas, 2002). El agua de lluvia es de gran importancia para el desarrollo socioeconómico de zonas rurales donde las fuentes de agua son escasas y contaminadas, sin embargo, existe preocupaciones sanitarias sobre la calidad del agua de lluvia, al estar relacionado con bacterias en partículas E. coli (Zhu et al., 2004). En algunos casos hay exceso de agua de lluvia, siendo necesario drenar en tuberías municipales (Wei et al., 2019).

V. CONCLUSIONES

Mediante la factibilidad técnica se determinó que el agua de lluvia en comunidades nativas es una alternativa de abastecimiento para consumo humano, especialmente por el difícil acceso al agua de calidad. Con la captación de agua de lluvia puede abastecer a seis integrantes de las familias con un consumo diario de 32.5 litros por persona. Con respecto a la calidad de agua no se muestra diferencias significativas en parámetros fisicoquímicos. Mientras que para los metales pesados el parámetro que mostró diferencias fue el aluminio. Se debe implementar un sistema mecánico de oxigenación para sedimentar los metales pesados, por ser económico y fácil su uso.

Con la factibilidad económica permitió determinar que la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia puede ser una alternativa de abastecimiento de agua, en comunidades nativas al ser económico y accesible. Sin embargo, se debe implementar sistemas de gestión del agua para su uso, previo tratamiento.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda, los próximos prototipos a instalar se haga con un recorrido de tubería de al menos 5 metros de distancia desde el tanque de captación, con la finalidad que el agua se oxigene en el trayecto.

Se recomienda mayor seguimiento y control en el mantenimiento de los sistemas, para asegurar la calidad de agua.

Se recomienda la limpieza y eliminación del agua almacenada en los tanques al menos una vez al mes para evitar la generación de microorganismos.

La mejor alternativa para sistemas de captación y reutilización de aguas de lluvia puede ser en zonas alejadas de la pista, dado que puede haber menor concentración de metales pesados.

Se recomienda que futuros proyectos evalúen el área de captación de agua de lluvia para asegurar el abastecimiento de agua en la época de verano**.**

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdulla, F. A., & Al-Shareef, A. W. (2009). Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. *Desalination*, *243*(1–3), 195–207. https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.05.013

Agatón, Adolfo León, Juan Carlos Córdoba RuizUriel, F. C. S. (2016). Revisión del estado de arte en captación y aprovechamientode aguas lluvias en zonas urbanas y aeropuertos. *Tecnura*, *20*(50), 141–153. https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a10

Al-Momani, I. F. (2003). Trace elements in atmospheric precipitation at Northern Jordan measured by ICP-MS: Acidity and possible sources. *Atmospheric Environment*, *37*(32), 4507–4515. https://doi.org/10.1016/S1352-2310(03)00562-4

Arboleda Montaño, N. (2016). Diagnóstico del sistema de aprovechamiento del agua lluvia en el consejo comunitario de la comunidad negra de Los Lagos, Buenaventura. *Luna Azul*, *43*, 29–55. https://doi.org/10.17151/luaz.2016.43.3

Avilés, D. M. H. R. C. (2020). Tratamiento de agua lluvia con fines de consumo humano. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, *30*, 97–107.

Cabezas, C. (2002). Enfermedades infecciosas relacionadas con el agua en el Perú. *Rev Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, *35*(2), 309–316. https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3761.309

Castillo Rogel, R. ., More Calero, F. J., Cornejo La Torre, M., Fernández Ponce, J. N., & Mialhe Matonnier, E. L. (2020). Aislamiento de bacterias con potencial biorremediador y análisis de comunidades bacterianas de zona impactada por derrame de petróleo en Condorcanqui – Amazonas – Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, *22*(3), 2015–2225. https://doi.org/10.18271/ria.2020.656

Çelik, A., Yaman, H., Turan, S., Kara, A., Kara, F., Zhu, B., Qu, X., Tao, Y., Zhu, Z., Dhokia, V., Nassehi, A., Newman, S. T., Zheng, L., Neville, A., Gledhill, A., Johnston, D., Zhang, H., Xu, J. J., Wang, G., … Dutta, D. (2018). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における　健康関連指標に関する共分散構造分析Title. *Journal of Materials Processing Technology*, *1*(1), 1–8.

Chidamba, L., & Korsten, L. (2015). Antibiotic resistance in Escherichia coli isolates from roof-harvested rainwater tanks and urban pigeon faeces as the likely source of

contamination. *Environmental Monitoring and Assessment*, *187*(7). https://doi.org/10.1007/s10661-015-4636-x

Chubaka, C. E., Whiley, H., Edwards, J. W., & Ross, K. E. (2018). Lead, zinc, copper, and cadmium content of water from South Australian rainwater tanks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *15*(7), 1–12. https://doi.org/10.3390/ijerph15071551

Chulluncuy, C. N. C. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, *29*, 153–224.

Cirelli, A. F., & Schenone, N. (2010). Calidad de agua para la producción de especies animales tradicionales y no tradicionales en Argentina. *Augmdomus*, *1*(0), 45–66.

Davey, K., Heriot, A. G., Mackay, J., Drummond, E., Hogg, A., Ngan, S., Milner, A. D., & Hicks, R. J. (2008). The impact of 18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography-computed tomography on the staging and management of primary rectal cancer. *Diseases of the Colon and Rectum*, *51*(7), 997–1003. https://doi.org/10.1007/s10350-008-9244-1

Delpla, I., Jung, A. V., Baures, E., Clement, M., & Thomas, O. (2009). Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. *Environment International*, *35*(8), 1225–1233. https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.07.001

Despins, C., Farahbakhsh, K., & Leidl, C. (2009). Assessment of rainwater quality from rainwater harvesting systems in Ontario, Canada. *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA*, *58*(2), 117–134. https://doi.org/10.2166/aqua.2009.013

DIGESA. (2015). RD_160_2015_DIGESA.pdf. In *Resolucion Directoral* (Vols. 160–2015, p. 23).

Dolores, M., & Gómez, L. (2017). *Normativa aplicable al agua de lluvia*. 6–12.

Domènech, L., Heijnen, H., & Saurí, D. (2012). Rainwater harvesting for human consumption and livelihood improvement in rural Nepal: Benefits and risks. *Water and Environment Journal*, *26*(4), 465–472. https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2011.00305.x

Domínguez, I., Ward, S., Mendoza, J. G., Rincón, C. I., & Oviedo-Ocaña, E. R. (2017). End-user cost-benefit prioritization for selecting rainwater harvesting and greywater reuse in social housing. *Water (Switzerland)*, *9*(7). https://doi.org/10.3390/w9070516

Domínguez, J., & Jiménez, P. (2010). El acceso al agua y saneamiento: un problema de capacidad institucional local. *Primer Congreso de La Red de Investigadores Sociales Sobre Agua, Morelos, M*, 1–31.

Eruola, A. O., Ufoegbune, G. C., Awomeso, J. A., Adeofun, C. O., & Idowu, O. A. (2010). Qualitative and quantitative assessment of rainwater harvesting from rooftop catchments: Case study of Oke-Lantoro community in Abeokuta , southwest Nigeria. *European Water*, *32*, 47–56.

Fachín Armas, A. K., & Panduro Labajos, E. (2005). *Evaluación del aprovechamiento de agua de lluvia para uso doméstico en Moyobamba - San Martín*.

Geidy Yecenia, J. Y. (2017). *Diseño De Sistema De Aprovechamiento De Lluvia Para Uso Doméstico En La Comunidad Awajun De Juum Del Distrito De Imaza, Provincia De Bagua, Departamento De Amazonas, 2017*.

Gilcreas, F. W. (1967). Future of standard methods for the examination of water and wastewater. In *Health laboratory science* (Vol. 4, Issue 3).

Gispert, M. Í., Hern, A., & Climent, E. L. (2018). Captación de agua de lluvia como una opción de agua potable en la Ciudad de México. *Sustainability*, *10*(3890). https://doi.org/10.3390/su10113890www.mdpi.com/journal/sustainability

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

INEI. (2018). III Censo De Comunidades Nativas 2017: Resultados definitivos. *Inei*, *1*, 1–1311.

Jianbing, Z., Changming, L., & Hongxing, Z. (2010). Cost-benefit analysis for urban rainwater harvesting in Beijing. *Water International*, *35*(2), 195–209. https://doi.org/10.1080/02508061003667271

Kim, R. H., Lee, S., Kim, Y. M., Lee, J. H., Kim, S. K., & Kim, S. G. (2005). Pollutants in rainwater runoff in Korea: Their impacts on rainwater utilization. *Environmental Technology*, *26*(4), 411–420. https://doi.org/10.1080/09593332608618546

Larios-Meoño, F., González, C., & Morales, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Saber Y Hacer*, *2*, 18.

Li, C., Li, S. L., Yue, F. J., He, S. N., Shi, Z. B., Di, C. L., & Liu, C. Q. (2020). Nitrate sources and formation of rainwater constrained by dual isotopes in Southeast Asia:

Example from Singapore. *Chemosphere*, *241*, 125024. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125024

López, N. A., Palacios, O. L., Anaya, M., Chávez, J., & Enrique, J. (2017). Diseño de sistemas de captación del agua de lluvia : alternativa de abastecimiento hídrico * Rainwater harvesting systems design : an alternative for water supply Resumen Introducción. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *8*, 1433–1439.

López, S., González, C., & Herrera, V. (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.

María Neftalí Rojas-Valencia. (2012). Implementación Y Caracterización De Un Sistema De Captación Y Aprovechamiento De Agua De Lluvia. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, *15*(1), 16–23. https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2012.1.54

Mata, S. (1853). *T emas de B iología y G eología del N oa T emas de B iología y G eología del N oa*.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (abril de 2018). Resolución Ministerial N° 192-2018-VIVIENDA. Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural. Obtenido de https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/275920-192-2018-vivienda

Morales-Pinzón, T., Lurueña, R., Rieradevall, J., Gasol, C. M., & Gabarrell, X. (2012). Financial feasibility and environmental analysis of potential rainwater harvesting systems: A case study in Spain. *Resources, Conservation and Recycling*, *69*(2012), 130–140. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.09.014

Naranjo, F., Mina, I., Micolta, N., Perlaza, E., & Cuenu, J. (2010). *Aprendamos de la Vivienda Saludable*.

Nicolas-Artero, C. (2016). Las organizaciones comunitarias de agua potable rural en América Latina: un ejemplo de economía substantiva. *Polis (Santiago)*, *15*(45), 165–189. https://doi.org/10.4067/s0718-65682016000300009

Osang, J. E., Uquetan, U. I., Oko, P. E., Egor, A. O., Ekwok, S. E., & Ekpo, C. M. (2017). *Effect on pH Value of Rain Water and Soil pH in River State Nigeria*. *January*.

Pacheco, M. (2008). Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (GIALL): Contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de "lluviatl" en México. *Revista*

Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, *3*(Administración del Agua), 19.

Pérez Hernández, A., Palacios Vélez, O. L., Anaya Garduño, M., & Tovar Salinas, J. L. (2017). Agua de lluvia para consumo humano y uso doméstico en San Miguel Tulancingo, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *8*(6), 1427. https://doi.org/10.29312/remexca.v8i6.313

Pique del pozo, J. (2018). *Resolucion Ministerial N°-192-2018-VIVIENDA* (p. 4).

Pizarro, R., Abarza, A., Morales, C., Calderón, R., Tapia, J., Urbina, F., Vallejos, C., Cortés, M. I., Fernández, Á., Sangüesa, C., Pino, J., Vázquez, S., Cervantes, E., Hernández, D., Hurtado, R., García, P., & Córdova, M. (2015). *Programa Hidrológico Internacional OOcina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe PHI-VIII / Documento Técnico N° 36*.

Rahman, A., Keane, J., & Imteaz, M. A. (2012). Rainwater harvesting in Greater Sydney: Water savings, reliability and economic benefits. *Resources, Conservation and Recycling*, *61*, 16–21. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.12.002

Richards, S., Rao, L., Connelly, S., Raj, A., Raveendran, L., Shirin, S., Jamwal, P., & Helliwell, R. (2021). Sustainable water resources through harvesting rainwater and the effectiveness of a low-cost water treatment. *Journal of Environmental Management*, *286*(February), 112223. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112223

Rodríguez-Heredia, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *Medisan*, *21*(12), 3372–3385.

Rojas, Eli Morales, Edwin Adolfo Díaz Ortiz, L igia García, Jaris Veneros Guevara, Segundo Chavez Quintana, C. A. M. T. (2021). Calidad físicoquímica y microbiológica del agua en los lagos de Tunants y Yahuahua, en la región Amazonas, Perú. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, *3*(4), 89–92. https://doi.org/10.38186/difcie.34.07

Ruiz-cuello, I. T., Pescador-piedra, J. C., & M, I. L. (2015). Dimensionamiento de un sistema hidráulico en casa-habitación para el uso de agua residual. *Revista Cubana de Química*, *27*(3), 315–324.

Sarricolea Espinoza, P., & Romero Aravena, H. (2015). Variabilidad y cambios climáticos observados y esperados en el altiplano del norte de Chile. *Revista de Geografia Norte*

Grande, *62*, 169–183.

Silva, C. M., Sousa, V., & Carvalho, N. V. (2015). Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single-family residences. *Resources, Conservation and Recycling*, *94*, 21–34. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.11.004

Suárez, J. A. B., García, M. Á. G., & Mosquera, R. O. O. (2006). Sistemas de aprovechamiento de Agua Lluvia para Vivienda Urbana. *International Symposium on Hydraulic Structures - XXII Congreso Latinoamericano de Hidraulica*.

Thomas, P. R., & Greene, G. R. (1993). Rainwater quality from different roof catchments. *Water Science and Technology*, *28*(3–5), 291–299. https://doi.org/10.2166/wst.1993.0430

Torres, C., García, C., Garcia, J., García, M. C., & Pacheco, R. (2017). Agua segura para comunidades rurales a partir de un sistema alternativo de filtración. *Revista de Salud Pública*, *19*(4), 453–459.

UNESCO. (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. No dejar a nadie atrás. In *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*.

Vargas-Parra, M. V., Rovira, M. R., Gabarrell, X., & Villalba, G. (2014). Cost-effective rainwater harvesting system in the metropolitan area of Barcelona. *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA*, *63*(7), 586–595. https://doi.org/10.2166/aqua.2014.108

Vargas José. (2010). *Clima, informe temático. Proyecto ZonificaciónEcológica y Económica del departamento de Amazonas*. 27.

Vigo, M., Juárez, L., & Oliva, M. (2019). Cosecha de agua de lluvia como tecnología de conservación de los manantiales amenazados, Chachapoyas. *Revista de Investigación En Agroproducción Sustentable* , *3*(1), 13–19. https://doi.org/10.25127/aps.20191.478

Ward, S., Memon, F. A., & Butler, D. (2010). Harvested rainwater quality: The importance of appropriate design. *Water Science and Technology*, *61*(7), 1707–1714. https://doi.org/10.2166/wst.2010.102

Wei, Z., Sun, S., & Ji, X. (2019). The inspiration of rainwater utilization of foreign sponge campus landscape planning for Beijing. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *227*(5). https://doi.org/10.1088/1755-1315/227/5/052019

WHO. (2020). Domestic Water Quantity , Service Level and Health, second edition. In *World Health Organization*.

Zafra Mejía, C. A., Rodríguez Chitiva, L. G., & Torres Cabrera, Y. A. (2013). Metales pesados asociados con las partículas atmosféricas y sedimentadas de superficies viales: Soacha (Colombia). *Revista Científica*, *1*(17), 113. https://doi.org/10.14483/23448350.4571

Zhu, K., Zhang, L., Hart, W., Liu, M., & Chen, H. (2004). Quality issues in harvested rainwater in arid and semi-arid Loess Plateau of northern China. *Journal of Arid Environments*, *57*(4), 487–505. https://doi.org/10.1016/S0140-1963(03)00118-6

ANEXOS

Anexo 1. Materiales, insumos y características de los sistemas prototipos de captación de aguas de lluvia

Materiales/Insumos	Características	Función
Canaleta pluvial para techos 6” (150mm) x 5m	Unidades de PVC de 6 pulgadas por 5 metros de longitud.	Permite recoger el agua de la superficie de la cobertura de los techos.
Codo para canaleta con reducción de 6” a 4”	Unidades de PVC de 6 pulgadas.	Permite conectar al sistema de almacenamiento
Reducción PVC de 6” a 4”	Permite la unión de dos canaletas para darle continuidad.	Unidades de PVC de 6” a 4”.
Tapón PVC para canaleta de 6”	sirve para tapas los extremos de la canaleta y evitar la pérdida del flujo de agua recogida en las canaletas	Unidades de PVC de 6” (150mm)
Pegamento para PVC	Pegamento para unir accesorios y tuberías de PVC	Pegamento transparente para agua fría.
Embudo con dilatación para canaleta PVC de 4”	Sirve para evacuar el agua recogida en las canaletas.	Unidades de PVC de 4” y 100mm de espesor.
Tubería PVC SAL 4” x 3m	Para conducir agua no sometida a una presión superior a la atmosférica.	Cumple la norma NTP 399.003:2007/NTE 011. Material PVC liviano, colocado a presión con pegamento PVC
Tubería PVC SAL A2” x 3m	Para conducir agua no sometida a una presión superior a la atmosférica.	Cumple la norma NTP 399.003:2007/NTE 011. Material PVC liviano, colocado a presión con pegamento PVC
Tubería PVC SAP C-10 3/4” x 5m	Liviano para conducir agua no sometida a presión	Cumple la norma NTP 399.002:2009/NTE 002. Material PVC pesado, colocado a presión con pegamento PVC
Tubería PVC SAP C-10 1/2” x 5m	Es un producto de PVC pesado para conducir agua no sometida a presión.	Cumple la norma NTP 399.002:2009/NTE 002. Material PVC pesado, colocado a presión con pegamento PVC

Tee PVC SAL 2”	Liviano para dar continuidad a un flujo de agua en dos direcciones.	Cumple la norma NTP 399.003:2007/NTE 011. Material PVC liviano, colocado a presión con pegamento PVC
Sombrero de ventilación PVC SAL de 2”	Ingreso de agua de lluvia y/o cuerpos extraños a la tubería para ventilación.	Cumple la norma NTP 399.003:2007/NTE 011. Material PVC liviano, colocado a presión con pegamento PVC
Codo PVC SAL 4”x90°	Conducir agua y permite el cambio de dirección del flujo de agua.	Cumple la norma NTP 399.003:2007/NTE 011. Material PVC liviano, colocado a presión con pegamento PVC
Codo PVC SAP 1/2”x90°	Para conducir agua a presión y permite el cambio de dirección del flujo del agua.	Cumple la norma NTP 399.002:2009/NTE 002. Material PVC pesado, colocado a presión con pegamento PVC
Reducción PVC SAL de 4” a 3”	Para conducir agua y permite el cambio gradual de diámetro de una tubería.	Cumple la norma NTP 399.003:2007/NTE 011. Material PVC liviano, colocado a presión con pegamento PVC
Reducción PVC SAL de 4” a 2”	Es un producto de PVC liviano para conducir y permite el cambio gradual de diámetro de una tubería.	Cumple la norma NTP 399.003:2007/NTE 011. Material PVC liviano, colocado a presión con pegamento PVC
Reducción PVC SAP de 3/4” a 1/2”	Pesado para conducir agua a presión y permite el cambio gradual del diámetro de una tubería.	Cumple la norma NTP 399.002:2009/NTE 002. Material PVC pesado, colocado a presión con pegamento PVC
Adaptador PVC SAP de 3/4”	Para conducir agua a presión y permite la conexión de una tubería con un accesorio roscado.	Cumple la norma NTP 399.002:2009/NTE 002. Material PVC pesado, colocado a presión con pegamento PVC
Unión universal con rosca de ½”	Es un producto de PVC pesado para facilitar la conexión de una válvula	Cumple la norma NTP 399.002:2009/NTE 002. Material PVC pesado, colocado a con teflón.
Válvula de bola SP de 3 / 4”	Para interrumpir y suministrar flujo de agua.	Material PVC pesado, con presión de trabajo de 145

		PSI, para una temperatura de trabajo máxima de 45°C.
Llave esférica cromada de ½”	Es un producto de bronce para interrumpir y suministrar flujo de agua	Material bronce de alta resistencia, con presión de trabajo máxima de 150 PSI.
Ganchos metálicos para canaleta de PVC de 6 pulgadas	Platina de acero inoxidable, pintados con esmalte anticorrosivo, que sirve para sujetar la canaleta en la estructura del techo.	Ancho de platina 3/4”, espesor 1/8”, de 65 cm de longitud
Tornillo autoperforante con cabeza exagonal, de 1 1/ 2” x 5/16”	Los tornillos autoperforantes de acero permiten la instalación directa sin la necesidad de realizar una perforación previa	Acero galvanizado, de cabeza hexagonal, con arandela de goma
Arena gruesa de río	Constituido por arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas.	Sus partículas deben pasar el tamiz 9.51mm (3/8”) y retenerse en el tamiz 0.074mm (N° 200).
Grava o piedra partida	Constituido por grava o piedra partida de origen natural o manufacturado.	Sus partículas deben ser retenidas en el tamiz 4.75mm
Arena fina	Constituido por arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas.	Sus partículas deben pasar el tamiz 1mm (N°18) y retenerse en el tamiz 0.074mm (N° 200).
Cemento Portland Tipo I	Es un cemento producido mediante la pulverización del Clinker, para uso general en la preparación del concreto.	Bolsa de 42.5kg, con rótulo que señale: “CEMENTO PORTLAND TIPO I”.
Acero corrugado de ¼”	Barra de acero microaleado de alta ductilidad, rectas de sección circular, con rasaltes Hi-bond de alta adherencia con el concreto.	Varillas de 9m, impresas con marca, diámetro y grado.
Acero corrugado de 3/8”	Barra de acero microaleado de alta ductilidad, rectas de sección circula	Varillas de 9m, impresas con marca, diámetro y grado.
Alambre recocido N° 8	Alambre de acero de bajo carbono obtenido por trefilación y posterior tratamiento térmico	Calibre 8, diámetro 4.20 mm, resistencia a la tracción 32-45.9 Kg/mm2.

	recocido, para su adecuada ductilidad y maleabilidad.	Acero SAE J403 grado 1008.
Alambre recocido N° 16	Alambre de acero de bajo carbono obtenido por trefilación y posterior tratamiento térmico recocido, para su adecuada ductilidad y maleabilidad.	Calibre 16, diámetro 1.65 mm, resistencia a la tracción 32-45.9 Kg/mm2. Acero SAE J403 grado 1008
Clavos de 21/2”	productos de acero trefilado en cabeza	Longitud 63.5 mm, punta diamantada, fuste delgado, cabeza plana.

Anexo 2. Nivel de satisfacción para la implementación de los prototipos

Validación de los prototipos de				
Preguntas/Caracteristicas	**Respuestas de las familias beneficiadas**			
	FJT	**FPK**	**FI**	**FMT**
¿Usted se encuentra satisfecho con el prototipo instalado en vivienda?	Muy Satisfecho	Muy Satisfecho	Satisfecho	Satisfecho
El prototipo instalado abastece las necesidades básicas de aseo personal, cocina y lavado (Sí) o (No)	Sí	Sí	Sí	Sí
¿Como percibe el color del agua del prototipo? muy bueno; bueno; regular; malo; muy malo	Bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno
Recomendaría usted la instalación masificada de los prototipos (Sí) o (No)	Sí	Sí	Sí	Sí
Qué mejoras recomendaría en los prototipos	Incrementar el mantenimiento del sistema	Incrementar el mantenimiento del sistema	Incrementar el mantenimiento del sistema	Incrementar el mantenimiento del sistema
Cuanto cree que usted ahorra diario en tener agua en su vivienda	s/2	s/1.00	s/1.00	s/1.00

Anexo 3. Panel fotográfico de la instalación de los prototipos

1. Familias recogen agua antes de la instalación

2. Recogiendo agua de la quebrada.

3. Colecta de agua en epocas de lluvias

4. Cilindro de almacenamiento de agua

5. Instalación del pluviómetro

6. Lagos cercanos las viviendas

<table>
<tr>
<td>
7. Medición del terreno para la instalación del prototipo.</td>
<td>
8. Llenado de la base para el prototipo.</td>
</tr>
<tr>
<td>
9. Preparación del concreto</td>
<td>
10. Armado de las columnas</td>
</tr>
<tr>
<td>
11. Desencofrado de la columna de apoyo</td>
<td>
12. Armado de la losa de apoyo.</td>
</tr>
</table>

 14. Planchado de la loza	 15. Compartir
 16. Instalación de canaletas y coladores	 17. verificación de filtros

<table>
<tr>
<td>
18. Centrado de los tanques</td>
<td>
19. Instalación del sistema</td>
</tr>
<tr>
<td>
20. Prototipo en funcionamiento</td>
<td>
21. prototipo en funcionamiento</td>
</tr>
</table>

22. Colecta de muestras.

23. Colecta de muestras y almacenamiento para el traslado.

Anexo 4. Diagnóstico para la implementación de los sistemas captación

Diagnóstico inicial para la instalación de los sistemas				
	Respuestas de las familias seleccionadas			
Preguntas/Caracteristicas	**FJT**	**FPK**	**FI**	**FMT**
¿De dónde se abastece de agua?	Quebrada	Quebrada	Quebrada	Quebrada
Deposito en que carrea el agua	Galon	Galon	Galon	Galon
El agua antes de ser consumida le da algun tratamiento (Sí) o (No)	Sí (Hierve)	Sí (Hierve)	Sí (Hierve)	Sí (Hierve)
¿Actualmente aprovecha el agua de lluvia?	Si lo aprovechan	Si lo aprovechan	Si lo aprovechan	Si lo aprovechan
¿Cree usted que es necesario sistemas de captación y tratamiento de agua de lluvia?	Si es necesario	Si es necesario	Si es necesario	Si es necesario
A pensado construir un sistema de captación de agua de lluvia?	No	No	No	No
¿Cuál es la razón que no ha pensado construir un sistema de captación de agua de lluvia?	Económico	Económico	Económico	Económico
Como percibe el color del agua que colecta de la quebrada	Muy mala	Regular	Muy mala	Mala

Anexo 5. Cuestionario de la encuesta piloto

ENCUESTA PILOTO Jorge

1. Edad:
2. Sexo: Femenino ( ) Masculino (x)
3. Nivel educativo:

   a) Ninguno b) Primaria c) Secundaria

4. ¿Cuál es su ocupación actual? Agricultor
5. ¿Cuántas personas viven en la casa? ...6.....
6. De donde se abastece de agua:

   a) Rio b) Quebrada c) Pozo d) otro.....

7. ¿Qué tipo de depósito utiliza para la recolección del agua?..Cilindro..¿Cuál es la capacidad del depósito?..50.....
8. Cuantas veces al día recolecta agua...3.....
9. ¿Qué uso le da al agua recolectada?.....
10. Cómo percibe el color del agua que recolecta

    a) Muy bueno b) Bueno c) Regular d) Malo e) Muy Malo

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

    a) Ninguno b) Hierve c) Lejía d) Otro.....

12. ¿Actualmente aprovecha el agua de lluvia?

    a) Si b) No

    Si la respuesta es sí, pasar a la pregunta 13.

13. ¿De qué manera realiza su recolección?..Gabnes.....
14. ¿Qué tipo de techo tiene su vivienda?..Calamina.....
15. ¿Cree usted que es necesario implementar sistemas masificados de captación y tratamiento de agua de lluvia?

    a) Si b) No

16. ¿A pensado en construir un sistema de captación de agua de lluvia en su casa su casa?

    a) Si (Si la respuesta es sí, pases a la pregunta 17). b) No

17. ¿Por qué razón no ha pensado construir un sistema de captación de agua de lluvia?

    a) Económico b) Tiempo c) Desconocimiento d) Otros

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Anexo 6. Cuestionario de encuesta final

ENCUESTA FINAL Familia Marcelo

1. Edad:
2. Sexo: Femenino (2) Masculino ( )
3. Nivel educativo:

   b) Ninguno (b) Primaria c) Secundaria
4. ¿Cuál es su ocupación actual? --- Ama de casa ---
5. ¿Cuántas personas viven en la casa? ... 5 .....
6. Usted se encuentra satisfecho con el prototipo instalado en su vivienda:

   a) No (b) Si c) Muy Satisfecho
7. ¿El prototipo instalado abastece sus necesidades básicas de aseo personal, cocina y lavado de Ropa?

   (a) Si b) No
8. Cómo percibe el color del agua del prototipo

   (a) Muy bueno b) Bueno c) Regular d) Malo e) Muy Malo
9. ¿El agua que recoge del prototipo le da algún tratamiento adicional?

   a) Ninguno (b) Hierve c) Lejía d) Otro.....
10. ¿Recomendaría usted la instalación masificada prototipos en su comunidad?

    (a) Si b) No
11. ¿Qué mejoras recomienda implementar en el prototipo?

    (a) Si b) No
12. ¿Cuánto de valor diario en soles usted cree que se ahorra al tener el agua en su vivienda?

    a) 0.50 (b) 1 c) otras cantidades .....

13. Mayor Seguimiento (Mantenimiento)

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Anexo 7. Resultados de calidad de agua

Labisag	UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	Código: CCFT-0036	Versión: 01
	INFORME DE ENSAYO	Página: 01	

INFORME DE ENSAYO N°	:	LAB20-AA-021	LAB20-AA-022	LAB20-AA-023
1. DATOS GENERALES				
RAZÓN SOCIAL O NOMBRE		ELI MORALES ROJAS		
DIRECCIÓN		JR. CHINCHA ALTA 637		
RUC / DNI		47401587		
REFERENCIA		PROYECTO PROLLUVIA		
PROCEDENCIA		CCNN TUNANTS , CCNN YAHUHUA	CCNN TUNANTS , CCNN YAHUHUA	CCNN TUNANTS , CCNN YAHUHUA
PRESENTACIÓN			01 ENVASE DE PLÁSTICO TRASLUCIDO DE 1L	
MUESTREADO POR			ELI MORALES ROJAS	
FECHA DE COLECTA		26/02/2020	26/02/2020	26/02/2020
HORA DE COLECTA		03:00:00	05:10:00	05:30:00
FECHA DE RECEPCIÓN		27/02/2020	28/02/2020	29/02/2020
HORA DE RECEPCIÓN		00:00:00	00:00:00	00:00:00
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS		27/02/2020	27/02/2020	27/02/2020
HORA DE INCIO DE ENSAYOS		05:00:00	05:00:00	05:00:00
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME DE ENSAYO			9/07/2020	
HORA DE EMISIÓN DE INFORME DE ENSAYO			12:37:23	
CÓDIGO DE MUESTRA CLIENTE		IPME	IPMS	ME
TIPO DE AGUA		TANQUE	TANQUE	TANQUE
LUGAR DE DESARROLLO DE LOS ANALISIS		MB	MB	MB

AUTORIZADO Y REALIZADO POR:	FUNCIONES:	FIRMA:
Geidy Yecenia Jiménez Yoplac	MB	

2. RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICOS.

PARÁMETROS FÍSICOS Y DE AGREGACIÓN

PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB20-AA-021	LAB20-AA-022	LAB20-AA-023
pH	Método 4500-H+; APHA, AWWA, WPFC.	pH	<0,001	7,87	7,28	6,38
T °(in situ)	Método 2550B; APHA, AWWA, WPFC.	°C	<0,1	0	0	0
TURBIDEZ	Método 180.1 EPA	UNT	<1	1,4	1,6	1,3
OXÍGENO DISUELTO	Método 4500-O G; APHA, AWWA, WPFC.	mg/L	<0,01	0,00	0,00	0,00
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	Método 2510 B; APHA, AWWA, WPFC.	µS/cm	<0,1	13,80	13,70	12,93
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	-	mg/L	-	12,90	6,20	5,81
SOLIDOS TOTALES	Método 2540 B; APHA, AWWA, WPFC.	mg/L	<0,1	511487,00	473613,00	493840,00

PARÁMETROS INORGÁNICOS NO METALICOS

PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB20-AA-021	LAB20-AA-022	LAB20-AA-023
ALCALINIDAD	Método 2320B; APHA, AWWA, WPFC.	ppm $CaCO_3$	<0,5	23,84	11,92	23,84
CLORUROS	Método 4500-Cl-B; APHA, AWWA, WPFC.	ppm Cl-	<0,355	0,00	0,00	0,00
DUREZA	Método 2340C; APHA, AWWA, WPFC.	ppm $CaCO_3$	<0,5	12,40	6,20	9,92
NITRATOS	Método 8039000; HACH.	ppm NO_3-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
NITRITOS	Método 8507; HACH.	ppm NO_2-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
SULFATOS	Método 375.4; EPA.	ppm SO_4-	<1,0	1,55	8,1	8,4
FOSFATOS	Método 8190000; HACH.	ppm PO_4-	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
AMONIO	Método 4500 NH3 C; APHA, AWWA, WPFC.	ppm NH_4	<0,02	0,00	0,00	0,00

3. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA

PARÁMETROS MATERIA ORGÁNICA

PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB20-AA-021	LAB20-AA-022	LAB20-AA-023
D.B.O. $_5$	Método 8043; HACH: Dilución	mg/L de O_2	<0,01	0,00	0,00	0,00
D.Q.O.	Método 8000; HACH: Digestión de Reactor	mg/L de O_2	<0,7	0,00	0,00	0,00

4. RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

GRUPO COLIFORMES

PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB20-AA-021	LAB20-AA-022	LAB20-AA-023
+	Número Más Probable	10^n	-	10-3	10-3	10-3
COLIFORMES TOTALES	Técnica Estandarizada de Fermentación en Tubo Múltiple(NMP) de CT	NMP/100ml L	NMP	81	23	920
COLIFORMES FECALES	Método 9080221-C; APHA, AWWA, WPFC: Procedimiento de NMP para CF	NMP/100ml L	NMP	>1600	13	1600
E. COLI	Método 9080225-B; APHA, AWWA, WPFC: Diferenciación de Bacterias Coliformes	NMP/100ml L	NMP	17	5	4

Labisag	UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	Código: CCFT-0026	Versión: 01
	INFORME DE ENSAYO		Página: 01

INFORME DE ENSAYO N° :	LAB20-AA-027	LAB20-AA-028	LAB20-AA-029	LAB20-AA-030
1. DATOS GENERALES				
RAZÓN SOCIAL O NOMBRE	ELI MORALES ROJAS			
DIRECCIÓN	JR. CHINCHA ALTA 643			
RUC / DNI	47401593			
REFERENCIA	PROYECTO PROLLUVIA			
PROCEDENCIA	CCNN TUNANTS , CCNN YAHUHUA	CCNN TUNANTS , CCNN YAHUHUA	CCNN TUNANTS , CCNN YAHUHUA	CCNN TUNANTS , CCNN YAHUHUA
PRESENTACIÓN	01 ENVASE DE PLÁSTICO TRASLUCIDO DE 1L			
MUESTREADO POR	ELI MORALES ROJAS			
FECHA DE COLECTA	26/02/2020	26/02/2020	26/02/2020	26/02/2020
HORA DE COLECTA	06:00:00	06:30:00	06:40:00	07:00:00
FECHA DE RECEPCION	4/03/2020	5/03/2020	6/03/2020	7/03/2020
HORA DE RECEPCION	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	27/02/2020	27/02/2020	27/02/2020	27/02/2020
HORA DE INCIO DE ENSAYOS	05:00:00	05:00:00	05:00:00	05:00:00
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME DE ENSAYO	9/07/2020			
HORA DE EMISION DE INFORME DE ENSAYO	12:41:20			
CÓDIGO DE MUESTRA CLIENTE	JE	JS	LAG 1	LAG 2
TIPO DE AGUA	TANQUE	TANQUE	LAGO	LAGO
LUGAR DE DESARROLLO DE LOS ANALISIS	FQ/MB/EEA	FQ/MB/EEA	FQ/MB/EEA	FQ/MB/EEA

AUTORIZADO Y REALIZADO POR:	FUNCIONES:	FIRMA:
Lily del Pilar Juarez Contreras	Responsable del Área de Análisis de Aguas	

2. RESULTADOS DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS.

PARÁMETROS FÍSICOS Y DE AGREGACIÓN

PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB20-AA-027	LAB20-AA-028	LAB20-AA-029	LAB20-AA-030
pH	Método 4500-H+ ; APHA, AWWA, WPFC	pH	<0,001	6,79	6,89	7,35	7,63
T °(in situ)	Método 2550B; APHA, AWWA, WPFC.	°C	<0,1	0,00	0,00	0,00	0,00
TURBIDEZ	Método 180.1;EPA	UNT	<1	3,4	1,5	15,1	6,7
OXÍGENO DISUELTO	Método 4500-O G; APHA, AWWA, WPFC.	mg/L	<0,01	0	0	0	0,00
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	Método 2510 B; APHA, AWWA, WPFC.	µS/cm	<0,1	24,5	10,0	67,6	40,6
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	-	mg/L	-	11,1	4,6	30,5	20,6
SOLIDOS TOTALES	Método 2540 B; APHA, AWWA, WPFC.	mg/L	<0,1	477549,00	582303,00	665858,00	725241,00

PARÁMETROS INORGÁNICOS NO METALICOS

PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB20-AA-027	LAB20-AA-028	LAB20-AA-029	LAB20-AA-030
ALCALINIDAD	Método 2320B; APHA, AWWA, WPFC.	ppm $CaCO_3$	<0,5	11,92	11,92	23,84	11,92
CLORUROS	Método 4500-Cl-B; APHA, AWWA, WPFC.	ppm Cl	<0,355	0,00	0,00	0,00	0,00
DUREZA	Método 2340C; APHA, AWWA, WPFC.	ppm $CaCO_3$	<0,5	17,36	12,40	18,60	8,68
NITRATOS	Método 8039, HACH.	ppm NO_3	<0,1	5,397	<0,1	9,640	3,982
NITRITOS	Método 8507, HACH.	ppm NO_2	<0,001	<0,001	0,004	0,008	0,000
SULFATOS	Método 375.4; EPA.	ppm SO_4	<1,8	1,5	1,7	3,9	2,1
FOSFATOS	Método 8190, HACH.	ppm PO_4	<0,04	<0,04	0,123	<0,04	0,049
AMONIO	Método 4500 NH3 C; APHA, AWWA, WPFC.	ppm NH_4	<0,02	0,000	0,000	0,000	0,000

3. RESULTADOS DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

PARÁMETROS MATERIA ORGÁNICA

PARÁMETROS	MÉTODO	U. D.	L. D.	LAB20-AA-027	LAB20-AA-028	LAB20-AA-029	LAB20-AA-030
D.B.O. $_5$	Método 8043, HACH. Dilución	mg/L de O_2	<0,01	0,00	0,05	-0,67	2,23
D.Q.O.	Método 8000, HACH. Digestión de Reactor	mg/L de O_2	<0,7	0,00	0,00	0,00	0,00

4. RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

GRUPO COLIFORMES

PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB20-AA-027	LAB20-AA-028	LAB20-AA-029	LAB20-AA-030
DILUCIÓN	Número Más Probable	10^n	-	10-3	10-3	10-3	10-3
COLIFORMES TOTALES	Técnicas Estandarizada de Fermentación en Tubo Multiple(NMP) de Coliformes Totales	NMP/100mL	NMP	>1600	13	350	280
COLIFORMES FECALES	Método 9221-C; APHA, AWWA, WPFC: Procedimiento de NMP para Coliformes Fecales	NMP/100mL	NMP	>1600	13	>1600	920
E. COLI	Método 9225-B; APHA, AWWA, WPFC: Diferenciación de Bacterias Coliformes	NMP/100mL	NMP	17	5	38	28

Labisag	UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	Código: CCFT-0016	Versión: 01
	INFORME DE ENSAYO	Página: 01	

INFORME DE ENSAYO N° :	LAB20-AA-024	LAB20-AA-025	LAB20-AA-026
1. DATOS GENERALES			
RAZÓN SOCIAL O NOMBRE		ELI MORALES ROJAS	
DIRECCION		JR. CHINCHA ALTA 640	
RUC / DNI		47481590	
REFERENCIA		PROYECTO PROLLUVIA	
PROCEDENCIA	CCNN TUNANTS , CCNN YAHUBUA	CCNN TUNANTS , CCNN YAHUBUA	CCNN TUNANTS , CCNN YAHUBUA
PRESENTACIÓN		01 ENVASE DE PLÁSTICO TRASLUCIDO DE 1L	
MUESTREADO POR		ELI MORALES ROJAS	
FECHA DE COLECTA	26/02/2020	26/02/2020	26/02/2020
HORA DE COLECTA	05:30:00	05:40:00	05:40:00
FECHA DE RECEPCIÓN	1/03/2020	2/03/2020	3/03/2020
HORA DE RECEPCION	00:00:00	00:00:00	00:00:00
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	27/02/2020	27/02/2020	27/02/2020
HORA DE INICIO DE ENSAYOS	05:00:00	05:00:00	05:00:00
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME DE ENSAYO		9/07/2020	
HORA DE EMISIÓN DE INFORME DE ENSAYO		12:39:42	
CÓDIGO DE MUESTRA CLIENTE	MS	PE	PS
TIPO DE AGUA	TANQUE	TANQUE	TANQUE
LUGAR DE DESARROLLO DE LOS ANALISIS	MB	MB	MB

AUTORIZADO Y REALIZADO POR:	FUNCIONES:	FIRMA:
Geidy Yecenia Jiménez Yopla	MB	

2. RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICOS.

PARAMETROS FISICOS Y DE AGREGACION

PARAMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB20-AA-024	LAB20-AA-025	LAB20-AA-026
pH	Método 4500-H + ; APHA, AWWA, WPFC.	pH	<0,001	6,90	6,84	6,86
T °(in situ)	Método 2550B, APHA, AWWA, WPFC.	°C	<0,1	0	0	0
TURBIDEZ	Método 180.1 EPA	UNT	<1	1,4	1,2	1,1
OXÍGENO DISUELTO	Método 4500-O G, APHA, AWWA, WPFC.	mg/L	<0,01	0,00	0,00	0,00
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	Método 2510 B, APHA, AWWA, WPFC.	µS/cm²	<0,1	12,43	8,60	8,20
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	-	mg/L	-	5,61	3,38	3,69
SOLIDOS TOTALES	Método 2540 B, APHA, AWWA, WPFC.	mg/L	<0,1	480045,00	479248,00	481586,00

PARÁMETROS INORGÁNICOS NO METALICOS

PARAMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB20-AA-024	LAB20-AA-025	LAB20-AA-026
ALCALINIDAD	Método 2320B, APHA, AWWA, WPFC.	ppm $CaCO_3$	<0,3	23,84	23,84	11,92
CLORUROS	Método 4500-Cl-B, APHA, AWWA, WPFC.	ppm Cl	<0,355	0,00	0,00	0,00
DUREZA	Método 2340C, APHA, AWWA, WPFC.	ppm $CaCO_3$	<0,3	13,64	11,16	14,88
NITRATOS	Método 8039000, HACH.	ppm NO_3	<0,1	<0,1	0,800	<0,1
NITRITOS	Método 8507, HACH.	ppm NO_2	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
SULFATOS	Método 375-4, EPA.	ppm SO_4	<1,0	2,87	1,9	4,2
FOSFATOS	Método 8190000, HACH.	ppm PO_4	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
AMONIO	Método 4500 NH3 C, APHA, AWWA, WPFC	ppm NH_4	<0,02	0,00	0,00	0,00

3. RESULTADOS DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

PARÁMETROS MATERIA ORGÁNICA

PARAMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB20-AA-024	LAB20-AA-025	LAB20-AA-026
D.B.O. $_5$	Método 8043; HACH. Dilución	mg/L de O_2	<0,01	0,00	0,00	0,00
D.Q.O.	Método 8000, HACH. Digestión de Reactor	mg/L de O_2	<0,7	0,00	0,00	0,00

4. RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLOGICO

GRUPO COLIFORMES

PARAMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB20-AA-024	LAB20-AA-025	LAB20-AA-026
+	Número Más Probable	10^n	-	10-3	10-3	10-3
COLIFORMES TOTALES	Técnica Estandarizada de Fermentación en Tubo Múltiple(NMP)/deCT	NMP/100ml. L	NMP	1600	180	350
COLIFORMES FECALES	Método 9060221C, APHA, AWWA, WPFC; Procedimiento de NMP para CF	NMP/100ml. L	NMP	1600	1600	130
E. COLI	Método 9060223.B, APHA, AWWA, WPFC: Diferenciación de Bacterias Coliformes	NMP/100ml. L	NMP	4	2	<1,8

GRUPO ESTREPTOCOCOS

PARAMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB20-AA-024	LAB20-AA-025	LAB20-AA-026
DILUCIÓN	Número Más Probable	10^n	-	10-3	10-3	10-3
ESTREPTOCOCOS	Método 9060230. B, APHA, AWWA, WPFC: Técnica de Tubo Múltiple	NMP/100ml. L	NMP	#N/A	#N/A	#N/A
ENTEROCOCOS	Método 9060230. B, APHA, AWWA, WPFC: Técnica de Tubo Múltiple	NMP/100ml. L	NMP	#N/A	#N/A	#N/A

SALMONELLA

PARAMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB20-AA-024	LAB20-AA-025	LAB20-AA-026

Anexo 8. Precipitación registrada en el pluviómetro de la familia FI-S3

	Pluviómetro, Familia: FI-S3 (mm):Novi-19-Novi-20												
Estadístico	**Nov-19**	**Dici-19**	**Ene-20**	**Feb-20**	**Mar-20**	**Abr-20**	**May-20**	**Jun-20**	**Jul-20**	**Ago-20**	**Set-20**	**Oct-20**	**Nov-20**
∑	170.5	235.0	149	174	139	111.8	76	130	139	25	72	118.3	136
Prom	17.1	21.4	18.6	14.5	23.2	10.2	19.0	18.6	11.6	12.5	8.0	9.9	13.6
Desv	9.4	15.8	4.8	9.4	4.5	4.6	12.0	7.4	10.1	0.7	10.0	7.3	5.1
Max	25.0	60.0	25	25	25	16	25	25	25	13	25	25	23
Min	3.0	4.0	14	4	14	2.6	1	6	1	12	1	1	4
Median	22.3	25.0	18	16.5	25	11.8	25	21	9.5	12.5	2	8	12

Anexo 9. Precipitación registrada en el pluviómetro de la familia FT-S4

	Pluviómetro, FT-S4: Novi-19-Novi-20												
Estadístico	**Nov-19**	**Dic-19**	**Ene-20**	**Feb-20**	**Mar-20**	**Abr-20**	**May-20**	**Jun-20**	**Jul-20**	**Ago-20**	**Set-20**	**Oct-20**	**Nov-20**
∑	58.3	202.5	115.0	165.6	167.0	195.0	135.0	429.0	97.0	24.0	81.0	116.0	111.0
Prom	5.8	12.7	12.8	12.7	16.7	27.9	22.5	53.6	6.9	8.0	13.5	9.7	11.1
Desv	3.5	3.0	6.6	5.4	3.6	9.9	10.8	54.1	5.8	5.3	2.8	5.2	6.6
Max	12.3	16.4	20.0	22.0	24.0	40.0	40.0	180.0	20.0	12.0	18.0	16.0	20.0
Min	1.0	5.1	4.0	4.0	12.0	15.0	10.0	3.0	2.0	2.0	10.0	0.0	0.0
Median	5.5	12.4	16.0	12.0	16.0	30.0	20.0	44.0	4.0	10.0	13.0	10.5	12.5

Anexo 10. Precipitación registrada en el pluviómetro de la familia FPK-S2

	Pluviómetro, FPK-S2: Novi-19-Novi-20												
Estadístico	**Nov-19**	**Dic-19**	**Ene-20**	**Feb-20**	**Mar-20**	**Abr-20**	**May-20**	**Jun-20**	**Jul-20**	**Ago-20**	**Set-20**	**Oct-20**	**Nov-20**
∑	174.9	396.2	150.4	203.2	231.4	104.8	163.4	157.9	88.0	24.0	96.7	142.2	99.0
Prom	21.9	26.4	15.0	22.6	33.1	26.2	32.7	31.6	9.8	6.0	13.8	17.8	12.4
Desv	4.2	20.8	7.8	22.1	22.0	10.3	2.0	18.3	6.3	4.3	9.6	15.3	3.1
Max	27.0	76.2	25.4	72.0	70.8	35.0	34.8	50.8	18.0	10.0	25.4	50.8	17.0
Min	14.5	2.6	3.4	1.2	6.6	12.0	29.8	5.0	0.0	0.0	0.0	4.0	8.0
Median	22.3	25.4	15.9	22.0	25.4	28.9	33.4	29.4	12.0	7.0	13.0	11.0	12.0

Anexo 11. Costos de la implementación de los cuatro prototipos

Descripcion	Caracteristicas	Cantidad	Unidad	CU	CT
Costo del terreno					50
Costo transporte	Transporte de materiles	1	Glo	1200	1200
Mano de obra	Instalación de prototipos	32	Peones	45	1440
Mano de obra	Instalación de pluviómetros	2	Peones	45	90
Subtotal					**2780**
Materiales galvanizados de soporte					
Soporte de metal	Material pltino de 1/8" de espesor	37	Unidad	5.5	203.5
Tornillo de acero	Material de acero galvanizado de cabeza hexagonal con arandela de goma	74	Unidad	0.5	37
Subtotal					**240.5**
Insumos y accesorios de PVC					
Codo	Codo para soldar o pegar 6" x 90°	4	Unidad	18	72
Pegamento	Pegamento para pvc 1/8"	1	Unidad	20	20
Reducción	Reducción PVC SAL de 4” a 3”	4	Unidad	15	60
Tapon de PVC	Tapon PVC para presión	8	Unidad	15	120
Tubo PVC	Tubo PVC para desague	7	Unidad	128	896
Subtotal					**1168**
Adquisición de Tanque Polietileno					
Tanque Polietileno	Tanque Polietileno para agua 1100 litros	4	Unidad	475	1900
Subtotal					**1900**
Materiales e insumos de construcción					

Alambre de acero negro	Alambre de acero recocido calibre 16	20	Kg	4.8	96
Alambre de acero negro	Alambre de acero recocido calibre 8	12	kg	4.8	57.6
Cemento	Cemento portland tipo I	32	kg	26	832
Clavos	Clavo de acero 3"	8	Kg	25	200
Varilla de fierro	Varilla de fierro corrugado 3/8"	9	kg	16	144
Varilla de fierro	Varilla de fierro corrugado 1/2"	42	kg	27.5	1155
Varilla de fierro	Varilla de fierro corrugado de 1/4"	7	kg	7	49
Subtotal					**2533.6**
Adquisición de pluviómetro manual					
Pluviómetro	Pluviómetor de capacidad 250 mm; Modelo 6331	4	Kg	318.25	1273
Subtotal					**1273**
Adquisición de accesorios de PVC					
Adaptador para soldar o pegar de PVC	Adaptador para soldar o pegar de PVC 3/4"	8	Unidad	1.5	12
Codos	Codos para soldar o pegar de PVC 1/2 X90° Clase 10	8	Unidad	1	8
Codos	Codos para soldar o pegar de PVC 2" X90° con ventilación	4	Unidad	5	20
Codos	Codos para soldar o pegar de PVC 2" x 90°	4	Unidad	1.5	6

Codos	Codos para soldar o pegar de PVC 4" x 90°	16	Unidad	4	64
Llave	Llave esférica de de bronce, cromada de 1/2"	4	Unidad	10	40
Reducción	Reducción para soldar o pegar de 3/4" a 1/2"	4	Unidad	1	4
Reducción	Reducción para soldar o pegar de 4 a 2"	4	Unidad	3	12
Reducción	Reducción para soldar o pegar de 4 a 3"	4	Unidad	4	16
Sombrero de ventilación	Sombrero de ventilación de pvc 2"	4	Unidad	2	8
Tapon de PVC	Tapon PVC 2"	4	Unidad	2	8
Tapa de desague	Tapa de desague 2"	4	Unidad	2	8
Tubo PVC	Tubo PVC 2"	4	Unidad	7	28
Tubo PVC	Tubo PVC 3/4"	1	Unidad	9	9
Tubo para desague	Tubo PVC para desague 2"	5	Unidad	8	40
Tubo para desague	Tubo PVC para desague 4"	3	Unidad	20	60
Unión PVC	Unión con rosca mixta de PVC 1/2	4	Unidad	1	4
Unión PVC	Unión con rosca universal de PVC 1/2	8	Unidad	3.5	28
Unión PVC	Unión a presión simple 1/2	8	Unidad	1	8
Valvula PVC	Valvula de bola PVC 3/4"	4	Unidad	8	32
Subtotal					**415**
Costo total					**10400**
Cantidad de prototipos					**4**
Costo por prototipo					**2600**