

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Escuela de Posgrado

**MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN
AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**ANÁLISIS DEL PERFIL GEOLÓGICO PARA LA
CAPTACIÓN DE AGUAS PLUVIALES PARA
AFRONTAR LOS MESES DE SEQUÍA EN
EL DISTRITO DE MARA PROVINCIA
COTABAMBAS (APURÍMAC) 2023**

TESIS

PRESENTADA POR:

JUVENAL WILMER BUENDÍA BENITO

Para optar el Grado Académico de:

**MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGISTER SCIENTIAE*) CON MENCIÓN
EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**TACNA – PERÚ
2023**

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN
AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

ANÁLISIS DEL PERFIL GEOLÓGICO PARA LA
CAPTACIÓN DE AGUAS PLUVIALES PARA
AFRONTAR LOS MESES DE SEQUÍA EN
EL DISTRITO DE MARA PROVINCIA
COTABAMBAS (APURÍMAC) 2023

Tesis sustentada y aprobada el 21 de diciembre del 2023; estando el jurado calificador integrado por:



PRESIDENTE :
Dr. Nataniel Mario Linares Gutiérrez



SECRETARIO :
Dr. Carlos Francisco Tito Vargas



MIEMBRO :
Dr. Martín Eloy Casilla García



ASESOR :
Dr. Martín Eloy Casilla García

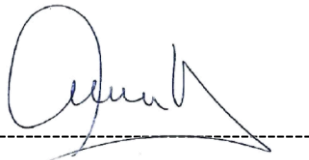
12762-2023ESPG/UNJBG CERTIFICADO DE SIMILITUD

Identificación de reporte de similitud: oid:23228:299498579

FECHA DEL INFORME Dec 17, 2023 8:41 AM GMT-5

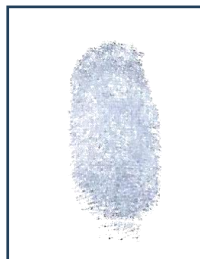
Yo...Dr. MARTÍN ELOY CASILLA GARCÍA, en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Posgrado N° 12762-2023-ESPG/UNJBG. de la Tesis titulada: **ANÁLISIS DEL PERFIL GEOLÓGICO PARA LA CAPTACIÓN DE AGUAS PLUVIALES PARA AFRONTAR LOS MESES DE SEQUÍA EN EL DISTRITO DE MARA PROVINCIA COTABAMBAS (APURÍMAC) 2023**. Presentado por Bachiller JUVENAL WILMER BUENDIA BENITO para optar el Grado de MAESTRO. Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es **3 %**. Por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis está de acuerdo al nivel PERMITIDO, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio Institucional.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del grado/ título/ especialidad.



DNI: 0047041

MARTÍN ELOY CASILLA GARCÍA



DEDICATORIA

Gracias a mi esfuerzo e interés puesto día a día para continuar con mis sueños anhelados desde muchos años, que tomé la iniciativa de continuar creciendo como profesional en el servicio del pueblo peruano y en mejora continua.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, en especial a los docentes y personal administrativo, por permitirme y brindarme la oportunidad de desarrollar y hacer realidad, instructores de la Escuela de Posgrado, por su apoyo incondicional en todo el proceso de mi formación.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
HOJA DE JURADOS	ii
CERTIFICADO DE SIMILITUD	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Situación contextual de la investigación.....	1
1.2. Identificación de la problemática.....	2
1.3. Formulación del problema.....	2
1.4. Justificación e importancia de la investigación.....	3
1.5. Objetivos de la investigación.....	3
1.6. Sistema de hipótesis	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de la investigación.....	5
2.2. Base teórica de la investigación.....	7
2.3. Marco conceptual	12
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	15
3.1. Tipo de investigación	15
3.2. Nivel de la investigación	15
3.3. Enfoque de la investigación.....	15
3.4. Población y muestra	16
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	16
3.6. Identificación de la Variables	17
3.7. Operacionalización de variables	17

3.8.	Métodos de análisis de datos	19
3.9.	Aspectos éticos	19
CAPÍTULO IV RESULTADOS		20
4.1.	Características de la zona de estudio	20
4.2.	Precipitación media anual.....	23
4.3.	Precipitación Media Mensual	24
4.4.	Geología.....	24
4.5.	Precipitación aprovechable.....	25
4.6.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	38
CAPÍTULO V DISCUSIÓN		41
5.1.	Valoración del volumen de la captación de agua, por medio de un estudio hidrológico en el distrito de mara.....	41
5.2.	Diseño de un sistema de captación y almacenaje del agua pluvial en el distrito de Mara. 41	41
5.3.	Determinar la utilización del agua pluvial depositada.	42
5.4.	Evaluación Económica del proyecto y valoración del costo económico vs. el agua estimada a ser captada y determinación de la viabilidad del proyecto.....	43
CONCLUSIONES		44
RECOMENDACIONES.....		45
BIBLIOGRAFÍA		46
ANEXOS		48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Datos históricos de precipitación pluvial 2015 – 2018</i>	23
Tabla 2 <i>Precipitaciones pluviales promedio por mes de 2015 al 2018</i>	24
Tabla 3 <i>Máximo caudal mediante el método Iszkowski</i>	27
Tabla 4 <i>Máximo caudal mediante el método Creager</i>	28
Tabla 5 <i>Promedios de los caudales Greager y Iszwozki</i>	28
Tabla 6 <i>Textura del suelo en lugar de estudio en el distrito de Mara</i>	30
Tabla 7 <i>Características geomorfológicas de la microcuenca Mara</i>	31
Tabla 8 <i>Variedad de las temperaturas en las últimas 3 décadas, Región Apurímac</i> ...	32
Tabla 9 <i>Variaciones de las precipitaciones en la estación campamento sede en la región Apurímac. 2015 - 2018</i>	33
Tabla 10 <i>Datos obtenidos de infiltración en centro del depósito de agua</i>	34
Tabla 11 <i>Acumulación de las infiltraciones</i>	34
Tabla 12 <i>Valoración de infiltraciones básicas en base a las clases de suelos</i>	35
Tabla 13 <i>Movimiento de tierras</i>	36
Tabla 14 <i>Ángulo de las fricciones interna en base a clases de suelo</i>	37
Tabla 15 <i>Datos de referencia en base a la capacidad de carga</i>	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Mapa de ubicación del distrito de Mara</i>	20
Figura 2 <i>Zona de implementación del diseño de captación de aguas</i>	21
Figura 3 <i>Sector del estudio de captación de aguas pluviales en el pico de pito orqo</i> ...	22
Figura 4 <i>Mapa meteorológico</i>	23
Figura 5 <i>Mapa geológico del Departamento de Apurímac</i>	25
Figura 6 <i>Mapa geológico de la región de Apurímac – Vista satelital</i>	30
Figura 7 <i>Variaciones de las temperaturas en las últimas 3 décadas, Región Apurímac.</i>	32
Figura 8 <i>Capacidad portante según el tipo de suelo</i>	37

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el perfil geológico para la captación de aguas pluviales en el distrito de Mara, provincia de Cotabambas (Apurímac), con el fin de afrontar los meses de sequía. Se empleó un enfoque cuantitativo y un alcance de investigación aplicada con diseño no experimental, nivel descriptivo. La población de estudio fue la microcuenca del distrito de Mara, y la muestra fue no probabilística e intencional. Como resultado, se estimó que la microcuenca puede producir aproximadamente 72 820,28 m³ de agua utilizable al año. Se propuso la construcción de depósitos de agua con una capacidad total de 7 500 m³, con el fin de utilizar el agua de lluvia recolectada para usos domésticos y de producción agropecuaria. El costo total estimado del proyecto fue de S/ 4 801 953,23.

Se concluyó que el agua captada sea utilizada para el suministro de agua doméstica para las zonas urbanas y residentes rurales del distrito de Mara. Gracias a la captación de aguas pluviales, es viable en la necesidad urgencias del distrito.

Palabras claves: Captación de aguas de lluvia, microcuencas, costo de almacenamiento.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the geological profile for rainwater harvesting in the district of Mara, province of Cochabamba's (Apurímac), in order to cope with the months of drought. A quantitative approach and a scope of applied research with a non-experimental, descriptive design were used. The study population was the micro-watershed of the district of Mara, and the sample was non-probabilistic and intentional. As a result, it was estimated that the micro-watershed can produce approximately 72 820,28 m³ of usable water per year. The construction of water reservoirs with a total capacity of 7 500 m³ was proposed, in order to use the collected rainwater for domestic uses and agricultural production. The total estimated cost of the project was S/. 4 801 953,23. It was concluded that the collected water could be used for domestic water supply to the rural residents of the district of Mara, thanks to rainwater harvesting.

Keywords: Rainwater harvesting, micro-watersheds, storage cost.

INTRODUCCIÓN

Muchas provincias de nuestro país carecen de sistemas adecuados de captación de agua de lluvia y los elementos enumerados no se utilizan en su totalidad para su distribución en el consumo humano, ya que aún no se conocen métodos adecuados para implementar dichos sistemas. Muchos hogares en el área de estudio sufren muchos inconvenientes y desventajas. El consumo de agua en el distrito de Mara se ha incrementado significativamente y no existen instituciones del agua que puedan controlar la potabilización. Además, en la mayoría de los casos, los habitantes del distrito no cuentan con agua potable, es por ello que es necesario contar con apoyo por parte de los ministerios para mejorar la calidad de agua para el uso doméstico y agrícola.

La presente investigación contempla los siguientes capítulos.

El primer capítulo describe la problemática, realizando una contextualización e identificación de la problemática, formulación del problema, planteando objetivos, mencionando la justificación e importancia del problema. De igual modo, se formula la hipótesis.

El segundo capítulo se plantea el marco teórico que comprende la recopilación de los antecedentes internacionales y nacionales. Seguido de las bases teóricas referenciadas a la captación de las aguas pluviales.

El tercer capítulo nombra el método de investigación, nivel, población y muestra, tanto como el tipo, nivel, enfoque de investigación, así como la población y muestra, mencionando las técnicas e instrumentos de investigación, del igual modo la operacionalización de variables.

El cuarto capítulo se aborda los resultados de la zona de estudio, así como las precipitaciones, la geología y la precipitación aprovechable.

El quinto capítulo presenta la discusión que comprende la evaluación de los volúmenes de cosecha de agua, diseño de la captación de aguas pluviales, y el estudio económico.

Al final se presentan conclusiones, recomendaciones, listado de bibliografía y anexos conocimientos al cambio de estudio.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación contextual de la investigación

Según Grandez (2015), refiere lo importante del recurso hídrico en la vida humana es fundamental, puesto que el agua es un elemento, es la base en la existencia, si el recurso no está en cantidad y calidad suficiente, la vida de seres vivos se verá seriamente degradada primero si esta escasez continúa. Y por mucho tiempo la vida se extingue; por lo tanto, no se puede dudar de su importancia y su protección debe ser la primera prioridad de la sociedad.

Castillo (2013), no existen grandes diferencias entre los procedimientos de captación del agua pluvial y constan principalmente de tres elementos: captación, canalización, almacenamiento y distribución. En general, la diferencia está en su recepción (según la superficie del techo, geometría y material) y la forma de almacenamiento, que depende del material elegido para su fabricación. Entonces se deben tomar medidas alternativas para lograr la sostenibilidad del recurso, y comprender la tecnología para explotarlo es una parte esencial para lograrlo.

A nivel local, la región central tiene muchas zonas afectadas por la escasez de lluvias y la estacionalidad, una de ellas es el distrito de Mara de la provincia de Cotabambas, fundado en 1857 y con una población de 6 141 hab.; con una densidad poblacional 26,89 hab/km². La mayoría de ellos se dedican a la agricultura eventual como actividad económica. Los habitantes del lugar actualmente están expuestos a diversos malestares por no contar con un componente de provisión de agua tratada o agua aceptable, por no contar con este componente indispensable para la vida humana.

Como ya se mencionó anteriormente, los habitantes de esta zona no cuentan con un adecuado componente de agua potable, por lo que en muchos casos los elementos líquidos antes mencionados tienen que ser abastecidos en pozos de diseño propio a través del lecho freático, y no tienen para acudir y los ríos se encuentran apartado de la población, lo cual no es muy saludable para ellos, debido a que no cuentan con agua suficiente y además existen impactos ambientales así como la contaminación de desechos tóxicos que arrastran dichos ríos son perjudiciales para los habitantes del territorio estudiado en este estudio.

1.2. Identificación de la problemática

En el distrito de Mara de la provincia Cotabambas, debería existir mayor cantidad de agua para atender las necesidades fundamentales y las actividades agrícolas. Sería muy útil para el incremento en la cosecha y siembra, asimismo, para el soporte de alimentos diarios.

Actualmente, la actividad de agricultura se lleva una vez anualmente por carencia de agua y además la geología es muy seca en los tiempos de sequía.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo es el perfil geológico de la provincia de Cotabambas y cómo contribuirá técnicamente a la captación de aguas pluviales, en los meses estratégicos, para afrontar el problema de la sequía?

1.3.2. Problemas específicos

1. ¿Cuál es el régimen adecuado?
2. ¿Cuál es el diseño para la captación de aguas pluviales el distrito de Mara?
3. ¿Cómo analizar el levantamiento topográfico de la zona de estudio para la captación de aguas pluviales en el distrito de Mara de la provincia de Cotabambas?

1.4. Justificación e importancia de la investigación

El trabajo actual se encuentra relacionado con el requerimiento de un sistema de abastecimiento que sea abastecido por las viviendas de la zona y que provenga, pero no dependa directamente, del agua de lluvia. Esto se debe a que se observan cambios. La secuencia del efecto invernadero, de una forma u otra, se utiliza en los alimentos y se hace en beneficio propio de la cantidad de agua disponible. Además, su objetivo es reducir el consumo de los pozos de las aldeas, que muchas veces provocan enfermedades en los mismos vecinos, ya que estas aguas en cada caso contienen sustancias tóxicas, lo que significa un aumento en la calidad de vida de los habitantes y las familias involucradas.

La generación de determinación del perfil geológico de la provincia de Cotabambas en la posibilidad de que permita la captación de aguas pluviales, en los meses estratégicos, para afrontar el problema de la sequía en el mismo año 2022, sería una alternativa muy útil para toda la población en todo sentido.

Este proyecto es una alternativa para asegurar y variar las actividades de la agricultura y ganadería de toda la población, incluso en el uso doméstico, como también disminuir la desnutrición infantil.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivos generales

Determinar el perfil geológico para la captación de aguas pluviales para afrontar los meses de sequía en el distrito de Mara provincia Cotabambas (Apurímac).

1.5.2. Objetivos específicos

1. Determinar el régimen adecuado de las aguas pluviales para el consumo humano del distrito de Mara de la provincia de Cotabambas.
2. Determinar el diseño para la captación de aguas pluviales en el distrito de Mara de la provincia de Cotabambas.
3. Analizar el levantamiento topográfico de la zona de estudio para la captación de aguas pluviales en el distrito de Mara de la provincia de Cotabambas.

1.6. Sistema de hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

Con las metodologías actuales, el perfil geológico es adecuado para la captación de aguas pluviales en el distrito de Mara de la provincia de Cotabambas, para afrontar el problema de la sequía en los meses estratégicos.

1.6.2. Hipótesis específicas

1. El régimen adecuado para el consumo humano del distrito de Mara.
2. El diseño para la captación es adecuado para la captación de aguas pluviales en el distrito de Mara de la provincia de Cotabambas.
3. El levantamiento topográfico de la zona de estudio es la adecuada captación de aguas pluviales en el distrito de Mara de la provincia de Cotabambas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Barreto et al. (2016), en tesis de grado denominada “Diseño de Sistema de Captación de aguas de lluvias para el abastecimiento total de la finca agropecuaria Mesopotamia finca hotel ubicada en la vereda caney bajo en el km 14 vía Villavicencio – Camaral”, desarrolladora Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia. El objetivo es crear un componente de recolección de agua de lluvia adecuado para el abastecimiento de la finca hotelera mesopotámica, analizando también el agua de lluvia recolectada en el techo de la finca para determinar el estado del techo y concluir que, con la ejecución de un proyecto de abastecimiento de agua adecuado, la finca Se pueden resolver muchos problemas, como un flujo continuo de agua potable para humanos.

Guzmán (2014), en la tesis denominada “Sistema de Captación de Aguas Pluviales Adaptables a casas-habitación”, realizada en la Universidad Tecnológica de la Mixteca, México. El propósito del estudio es proponer un sistema adecuado de recolección de agua de lluvia en la casa como una medida correctiva y nuevamente poder desarrollar una propuesta adecuada para un sistema completo de recolección utilizando agua de lluvia de bajo costo, una alternativa fácil de implementar y mantener para ahorrar agua potable agua. Reducción del consumo de los consumidores y uso eficiente de los recursos, se concluyó que es técnicamente posible el uso eficiente del recurso hídrico en las viviendas del área de investigación.

Parra (2012), en la tesis de grado denominada “Diseño de un sistema de abastecimiento de agua con fines constructivos”, Instituto Tecnológico de Sonora, México. Consideró que el diseño del sistema de abastecimiento es el objetivo más

importante porque resolvería los diversos problemas de bienestar de la población afectada por la falta de elemento líquido y concluyó que el diseño e instalación del sistema de abastecimiento es muy importante por ser un sistema moderno mecanismo capaz de resolver diversos problemas en diferentes industrias en cada uno en el país.

Palacio (2010), en su artículo “Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la Institución Educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquía”, en Antioquia. Colombia. El objetivo es ofrecer un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia barato, de fácil implementación y mantenimiento como alternativa de ahorro de agua potable, reducción del consumo y uso eficiente de los recursos, y concluir que: El uso eficiente del recurso hídrico es técnicamente posible.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Grandez (2015), en su tesis “Aprovechamiento de agua de lluvia, para optimizar el uso de agua potable”, desarrollada en la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú; tuvo como objetivo proponer un modelo de gestión adecuado y condiciones que sean suficientes y factibles para implementar una red comunal de agua que será captada mediante la captación de agua de lluvia en diferentes zonas con alta pluviometría, por lo tanto, se realiza un estudio cuantitativo de la pluviometría disponible y los recursos necesarios para las necesidades de los respectivos hogares, para optimizar el uso del agua potable, y concluyó que un sistema de abastecimiento a través de agua de lluvia es factible de manera realista en ciertas áreas con alta precipitación, hoy en día son poco utilizados, lo cual es completamente debido a que la facilidad de su suministro con agua superficial a ralentizado el desarrollo de tecnologías de captación de agua de lluvia.

2.2. Base teórica de la investigación

2.2.1. Agua y sostenibilidad

Castillo (2013) sostiene que, en cuanto a la distribución de las lluvias, se debe señalar que las lluvias no son constantes ni uniformes en todo el país, afectando a la población que sufre sequía, generando conflictividad social.

El agua de lluvia puede tener un efecto perjudicial en las tierras cultivadas al causar erosión, que se ve agravada por la deforestación, el pastoreo excesivo, etc.

Por lo tanto, el uso de agua de lluvia está justificado, ya que es adecuado para áreas con precipitaciones irregulares, ya que puede almacenar agua durante sequías y es beneficioso para áreas lluviosas, ya que ayuda a prevenir la erosión.

2.2.2. Factores de la precipitación pluvial

- **Intensidad**

Se refiere a la cantidad de lluvia medida en milímetros mediante pluviómetros en ciertos periodos de tiempo. Estos datos son significativos debido a que niveles más elevados de precipitación pueden ocasionar problemas importantes, como la erosión del suelo (Amaya, 1998). Es la cantidad de precipitación en milímetros calculada a partir de pluviómetros durante períodos de tiempo; estas cifras se consideran importantes porque intensidades más altas conducen a problemas mayores, como la erosión del suelo. (Amaya, 1998)

- **Tanque de Almacenamiento:**

Se trata de recipientes, comúnmente de forma cilíndrica, utilizados para el almacenamiento y conservación de productos en estado líquido o sólido (Amaya, 1998), como en este caso se trata de almacenar agua de lluvia.

- **Red de Distribución:**

Se trata de un dispositivo que facilita la distribución de líquidos en un tanque o recipiente diseñado específicamente para esta función (Castillo, 2013).

- **Régimen:**

Se refiere a las condiciones en las que se trata el agua captada para poder ser utilizada como consumo humano (Díaz & Pretel, 2014)".

- **Calidad**

Estas propiedades se refieren a las características que adquiere el líquido después de ser tratado mediante químicos e ingredientes purificadores (Díaz & Pretel, 2014).

- **Topografía**

El texto puede parafrasearse de la siguiente manera: "Se trata de una técnica que implica la representación de un plano en una superficie para facilitar la construcción. (Díaz & Pretel, 2014)".

- **Frecuencia**

Se refiere a la regularidad o frecuencia de la lluvia a lo largo de un año (León, 2016)". Se basa en el concepto de la continuidad de la lluvia a lo largo del tiempo, sin cambios bruscos.

- **Duración**

La duración de la lluvia, junto con su intensidad y frecuencia, se utiliza para crear las curvas de intensidad-duración-frecuencia, que son útiles para calcular los escurrimientos máximos. (Fernández, s.f.).

- **Precipitación aprovechable**

Si la variabilidad de la precipitación es permanente, se debe promediar la precipitación disponible, pero en áreas donde la precipitación es escasa y la demanda de agua es crítica, se debe considerar la precipitación más probable. Estas consideraciones para el cálculo de la precipitación disponible son necesarias debido a la variabilidad de la precipitación y la gran cantidad de factores. (López, 2015).

Critchley y Sievert (1996) desarrollaron una ecuación para calcular la probabilidad de lluvia, que clasifica la lluvia de mayor a menor y asigna un número ordinal para aplicar a la ecuación y obtener la probabilidad de lluvia. La ecuación es la siguiente:

Las variables calculadas están definidas por:

$$P(\%) = \frac{m - 0,375}{N + 0,25} * 100 \quad [1]$$

Donde:

P = Probabilidad de lluvia, dado en %

m = Número de orden

N = Número de observaciones

2.2.3. Consideración para los cálculos

- **Escorrentía superficial**

La cantidad de agua que la superficie no absorbe y que depende de varios factores tales como: la abundancia de lluvia, la estabilidad y tamaño de los poros en la superficie del suelo, la presencia de vegetación, la topografía del terreno, la capacidad de retención de agua del suelo, la temperatura y la humedad relativa del aire, entre otros, y es importante porque describe la cantidad de agua que no se utiliza

y se pierde debido a la evaporación del suelo o la evaporación directa. Esta información puede utilizarse para calcular la cantidad de agua disponible para el uso humano, la agricultura y la industria (López, 2015).

- **Coefficiente de escorrentía superficial (C)**

Aunque la mejor forma de determinar la escorrentía en un sitio específico es medirla en el mismo lugar donde se recolecta la lluvia, esto puede ser laborioso debido a que la escorrentía varía dentro de la misma cuenca dependiendo de su ubicación. Por lo tanto, se utilizan tablas medias para estimar la escorrentía en función del tipo de suelo o material (Rigan, 2001).

2.2.4. Técnicas de captación de aguas pluviales

Los diferentes tipos de recolección de agua, según Castillo (2013), son los siguientes: micro captación, cosecha de agua de techos de vivienda u otras estructuras impermeables y captación de agua atmosférica. La micro captación se refiere a la recolección de agua en el mismo campo o en áreas adyacentes a él. La cosecha de agua de techos de vivienda u otras estructuras impermeables se refiere a la recolección de agua de lluvia de áreas impermeables para fines domésticos. La captación de agua atmosférica se refiere a la recolección de agua en forma de neblina cuando el clima y la geografía lo permiten.

2.2.5. Diseño

Es una parte esencial del sistema porque, una vez que se realiza un cálculo, generalmente no se cambia de ninguna manera. Salvo que se trate de un factor de fuerza mayor, pasa por tres fases; primero: diseño de suministro de agua para determinar la cantidad de agua necesaria para la vida, luego diseño geométrico para calcular la distribución óptima de las tuberías y, finalmente, diseño hidráulico para calcular el tamaño de la tubería. (Ala Huaura, 2010).

- **Diseño Geométrico**

Ala Huaura (2010). En este tramo, las tuberías deberán estar suficientemente distribuidas para asegurar un suministro constante de agua a todas las viviendas afectadas. Se deben considerar los siguientes factores:

- a) La red de distribución debe colocarse lo más cerca posible del área de influencia.
- b) Los lados deben seguir una curva horizontal.
- c) Se debe usar un regulador de presión si es necesario.

- **Diseño Hidráulico**

El autor Allen (2006) indica que en la etapa de diseño hidráulico de tuberías se establece un coeficiente de uniformidad (CU) constante que se basa en el precio, donde un mayor CU implica un mayor precio y viceversa. El objetivo es diseñar las tuberías de manera efectiva para que puedan cumplir su función. En primer lugar, se debe calcular el flujo mínimo de diseño utilizando una fórmula específica.

Al igual que en la ecuación 1, podemos llegar al mismo resultado con la ecuación abajo.

$$q_{min} = \frac{CU * q_a}{100 * \left(1 - \frac{1,27 * CV}{\sqrt{e}}\right)} \quad [2]$$

Donde

qa = caudal medio

qmin = caudal mínimo

Pa = presión media

Hmin = Pmin = presión mínima

Pmax = presión máxima

CV = coeficiente de variación de fabricación

Luego, mediante la ecuación del emisor, que tiene la siguiente forma:

2.2.6. Perfil geológico

Es una sección creada a lo largo de una línea de sección para determinar la estructura del subsuelo y comprender la historia evolutiva del área. Las secciones geológicas se dibujan a la misma escala que los mapas geológicos para evitar errores de interpretación. (Camargo, 2004).

2.2.7. Mapa topográfico

Un mapa topográfico representa con precisión la topografía del terreno utilizando curvas de nivel que conectan puntos de curvas de nivel en relación con el nivel del mar, además de características geográficas como ríos, lagos, playas, bosques y características culturales como cultivos, caminos, vías férreas, para identificar límites, las áreas urbanas esperan. (Camargo, 2004).

2.2.8. Mapa geológico

Los mapas geológicos se basan en mapas topográficos y usan convenciones para ilustrar la siguiente información: ubicación con una cuadrícula de coordenadas, norte, escala gráfica y numérica, capas que se encuentran en un área, capas que difieren en color para representar la edad, la orientación y el buzamiento de las rocas, pliegues y la forma y tipo de fractura. El mapa geológico incluye una representación gráfica de las diferentes capas de roca en una ubicación específica, junto con información sobre el nombre, la edad y el tipo de roca de cada unidad. También contiene una leyenda que explica los símbolos geológicos y las convenciones utilizadas en el mapa (Camargo, 2004).

2.3. Marco conceptual

Segregación. Acción de agrupar determinados componentes o elementos físicos de aguas pluviales para ser manejados en forma especial. Consiste en la captación de aguas pluviales en los meses estratégicos para ser captados y luego

almacenar en un punto estratégico y desde allí ser conducidos para dicha provincia. (MVCS, 2011).

Almacenamiento Primario. Es el almacenamiento temporal de aguas pluviales para los meses estratégicos y esto permite generar un proyecto sostenible, ya que es importante aplicar en el ambiente, de esta manera generar; para efectos de esta Norma Técnica de Salud son los depósitos de aguas pluviales, para su posterior traslado al almacenamiento intermedio o central de almacenamiento de aguas pluviales. (Amaya, 1998).

Almacenamiento Intermedio. Es el lugar o ambiente donde se pretende hacer proyecto de cosecha de aguas pluviales para abastecer las necesidades en tiempos estratégicos para ser distribuidos. El tiempo de almacenamiento intermedio. El almacenamiento intermedio se implementa de acuerdo al volumen de deficiencia de aguas pluviales, se puede implementar esta etapa en los exteriores en dicha provincia, de manera ambiental y sanitariamente adecuada; ubicándolo en zonas estratégicas. Almacenamiento Intermedio de aguas pluviales en dicha provincia. Y consignadas en el Plan de Minimización y Manejo de aguas pluviales. (Amaya, 1998).

Transporte interno. Consiste en trasladar aguas pluviales en dicha provincia, considerando la frecuencia de la lluvia en los meses estratégicos y aplicar recojo de aguas pluviales para el uso de la población en dicha provincia. (Grandez, 2015).

Almacenamiento de aguas pluviales. Es el ambiente donde se almacenan aguas pluviales en la provincia, estos elementos son provenientes del almacenamiento intermedio o del almacenamiento primario. En este ambiente, las pozas de aguas pluviales son almacenadas e implican una alternativa para abastecer agua a la población en tiempos de sequía temporalmente, en espera de ser transportadas para dar uso en la población en tiempos de sequía al lugar de tratamiento, valorización o disposición final. (Barreto, Gualtero, & Vargas, 2016).

Valorización. Cualquier operación cuyo objetivo sea que las aguas pluviales que estos componen sea reaprovechado y sirva a una finalidad útil al sustituir o reemplazar las aguas permanentes, de estos recursos en los procesos productivos. La valorización depende del proyecto, como se debe determinar todo el proceso y debiendo establecer claramente en el Plan de Minimización y Manejo de aguas pluviales, o Programa de Minimización, la actividad de valorización que van a realizar. (Grandez, 2015).

Tratamiento de aguas pluviales. Es cualquier proceso, método o técnica que permita modificar la característica física, química o biológica, a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente, con el objetivo de prepararlo para su posterior valorización. El tratamiento de aguas pluviales sí requerirán tratamiento previo a aguas pluviales, debiendo deben ser tratados según sus características y volumen según se estime dentro del proyecto. (Barreto, Gualtero, & Vargas, 2016).

Transporte externo de aguas pluviales. Es la actividad que implica conducción de aguas pluviales mediante tuberías para dar uso a la población, además este proyecto sería una buena alternativa para dicha provincia. (Grandez, 2015).

Disposición final de aguas pluviales. Son procesos u operaciones para tratar y disponer en un lugar aguas pluviales y aplicar como una buena alternativa en tiempos críticos de escasez de agua y asegurar la seguridad de agua dentro de la población. (Guzmán, 2014).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El estudio actual se clasifica como una investigación aplicada, debido a su enfoque en la generación de conocimientos sobre la captación de aguas pluviales dentro de un proceso de estudio. Esta categorización metodológica responde al tipo de investigación que se está llevando a cabo (Hernández-Sampieri, 2014). De ese modo, busca resolver problemas específicos en un contexto determinado, utilizando conocimientos teóricos y herramientas científicas disponibles, así como se centra en la aplicación práctica de los conocimientos para satisfacer necesidades concretas. Por consiguiente, su objetivo principal es generar conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo, contribuyendo así al desarrollo cultural y científico. La investigación aplicada puede ser una forma de unir los esfuerzos de la academia y el sector productivo, lo que puede llevar a una mayor colaboración entre los sectores y a una mayor innovación, tal como se pretende en este estudio.

3.2. Nivel de la investigación

El nivel de investigación del estudio en cuestión es descriptivo, puesto que su objetivo es describir hechos o eventos sociales mediante el uso de técnicas que permitan obtener la información necesaria para llevar a cabo el estudio. El propósito de esta investigación es obtener una comprensión detallada de la captación de aguas pluviales (Hernández-Sampieri, 2014).

3.3. Enfoque de la investigación

El estudio es de enfoque cuantitativo, puesto a que, según Hernández-Sampieri (2014), el enfoque cuantitativo se basa en un esquema deductivo y lógico, que busca formular preguntas de investigación e hipótesis para posteriormente

probarlas. En resumen, el enfoque cuantitativo se centra en la recolección de datos numéricos y la realización de análisis estadísticos.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Diseño y Sistema de almacenamiento de agua potable mediante la captación de Aguas Pluviales en el distrito de Mara de la provincia de Cotabambas, Apurímac, 2023. Dentro de ello se considera geomembrana para evitar la filtración del agua en el lugar de Pito Orqo, del distrito de Mara. Además, la población tiene una superficie de 440k m² con una población de 6,180 habitantes.

Muestra

Diseño y Sistema de almacenamiento de agua potable mediante la captación de Aguas Pluviales en el distrito de Mara de la provincia de Cotabambas, Apurímac, 2023. Además, es importante aplicar con esta magnitud de 7 500 m³ de agua para la población de 6,180 habitantes que requieren de suma urgencia para dar mejor calidad de vida en cada usuario. La instalación de captación en el lugar Pito Orqo del distrito Mara de la provincia Cotabambas.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

El propósito de este estudio fue lograr los objetivos de recolección de datos utilizando la siguiente estructura:

Inspección visual: En la primera visita se realiza la identificación regional y se determina la implementación del sistema de abastecimiento del agua en la zona. Con ayuda de entrevistas se obtuvo la situación actual en el distrito de Mara de la provincia de Cotabambas, Apurímac, año 2023.

Levantamiento Topográfico: En la próxima visita, el equipo topográfico se desplaza al área para recolectar datos sobre la morfología de la superficie del terreno que sirvió como muestra para el levantamiento.

Curva de elevación: después de completar el trabajo del terreno, use Civil3D para procesar la información para obtener la curva de elevación, diseñar el sistema de recolección y luego distribuir el sistema. Levantamiento para obtener información de datos hidrometeorológicos. Con esta información, es posible obtener información sobre la cantidad de precipitación en el área y cuánto se puede utilizar para la distribución.

Una vez que se obtenga esta información, se diseña un sistema de captación de aguas pluviales, incluida la colocación de geomembranas en la cuenca inactiva; por otro lado, la realización de un reservorio de cierta capacidad, que permita que el agua almacenada ingrese posteriormente al sistema de distribución de agua, donde se ubicarán los equipos. El agua recogida se distribuye mediante tuberías.

3.6. Identificación de la Variables

3.6.1. Variable Independiente:

Captación de aguas pluviales

Implica la recolección y almacenamiento de agua de lluvia en un área cercana, como una azotea o terraza, y luego su distribución en el circuito hidráulico, independientemente de la red de agua potable (Guzmán, 2014).

3.6.2. Variable Dependiente:

Diseño de sistema almacenamiento:

Es una actividad que consiste en satisfacer las necesidades de consumo de las personas por un determinado recurso o producto comercial de la forma adecuada y en el momento adecuado. (Chalco, 2016).

3.7. Operacionalización de variables

Se explica la forma en que se miden las variables junto con la interpretación de cada variable (dependiente e independiente), Tabla 1.

Operacionalización de las variables

Variable	Definición operacional	Definición conceptual	Dimensiones	Indicaciones	Escala de medición
VI. Captación de aguas pluviales	La lluvia es un fenómeno natural que se distribuye cada año con diferente intensidad dependiendo de la ubicación geográfica (Guzmán, 2014).	Implica la recolección y almacenamiento de agua de lluvia en un área cercana, como una azotea o terraza, y luego su distribución en el circuito hidráulico, independientemente de la red de agua potable (Guzmán, 2014).	Régimen	- Condiciones -- climatológicas. - Precipitación	Mediciones de campo
			Calidad	- Agua - Químicos	
			Topografía	- Tipo de suelo - Pendiente de terreno	
VD. Diseño de sistema de almacenamiento	El suministro de agua, incluyendo la instalación de tanques, válvulas y tuberías, facilita la distribución a través de sus funciones principales (Chalco, 2016).	Es una actividad que consiste en satisfacer las necesidades de consumo de las personas por un determinado recurso o producto comercial de la forma adecuada y en el momento adecuado.	Tanque de almacenamiento	- Volumen - Tipo de tanque	Cálculos y planos
			Red de distribución	- Caudal - Diámetro de tubería. - Pendiente de tubería	

Nota. Elaboración propia

3.8. Métodos de análisis de datos

- Se verificó el área donde se encuentra el sistema de abastecimiento de agua y el sistema de recolección de agua de lluvia.
- Se selecciona el área donde se utilizará el método anterior.
- Después de la implementación, los resultados se comparan con un área de un área de prueba de tamaño similar donde no se implementó el sistema.

3.9. Aspectos éticos

El proyecto cumplió con los aspectos éticos porque los investigadores no violaron ninguna de las normas establecidas y, a su vez, fueron responsables de brindar información veraz y confiable sobre los resultados obtenidos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Características de la zona de estudio

4.1.1. Datos generales del centro poblado Mara – distrito Pampas

El presente estudio de investigación se ubica geográficamente en el distrito de Mara de la provincia de Cotabambas y Departamento de Apurímac. Su capital es la ciudad de Mara, con una altitud de 3,792 metros sobre el nivel del mar y con coordenadas geográficas: Latitud: -14.0864, Longitud: -72.1019, Latitud: 14° 5' 11" Sur, Longitud: 72° 6' 7" Oeste.

Figura 1

Mapa de ubicación del distrito de Mara



Nota. Obtenido de Google Map

El distrito Mara tiene una población de 6,180.00 habitantes, de ellos el 75 % tiene como actividad económica la agricultura. El centro poblado Mara, según datos obtenidos, está conformado por 300 viviendas.

4.1.2. Características de las viviendas

En la Figura 2, se muestra la distribución habitacional de Mara, donde se propone implementar la captación de agua de lluvia.

Figura 2

Zona de implementación del diseño de captación de aguas



Nota. Registros del distrito de Mara

Las viviendas del distrito de Mara son en su mayoría casas rústicas con calamina, con productos algunos con concreto armado con un revestimiento ligero, al igual que calaminas onduladas y adobes.

4.1.3. Ubicación del área de estudio

Las áreas donde se realizó este estudio y se han obtenido datos para la realización del diseño del sistema de agua y el uso de aguas pluviales están ubicadas en el pico del distrito Mara, llamado Pito Orqo.

Figura 3

Sector del estudio de captación de aguas pluviales en el pico de pito orqo



Nota. Tomado de Google Maps

4.1.4. Diseño de Sistema de Aprovechamiento de Aguas Pluviales

Esta sección describe el proceso de realización de este diseño; se requieren los siguientes datos:

4.1.5. Datos Hidrometeorológicos

Para recolectar datos hidrometeorológicos es necesario visitar el sitio web del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Partiendo de los datos, se pueden adquirir datos históricos de precipitación del poblado de Mara.

Los datos han sido recopilados a partir de 1969 hasta hoy en día, utilizando la estación meteorológica general en espacio libre, localizada en el distrito de Mara, provincia de Cotabambas, departamento de Apurímac.

Figura 4

Mapa meteorológico

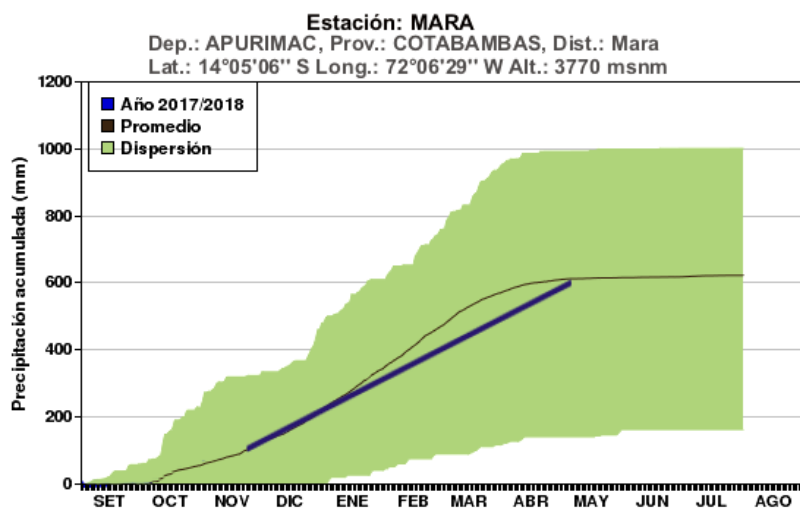


Tabla 1

Datos históricos de precipitación pluvial 2015 – 2018

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL EN (mm)													
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
2015	13,42	2,20	18,31	6,50	11,43	2,16	12,93	37,95	0,00	0,00	46,86	3,30	155,06
2016	0,00	6,40	7,02	0,00	6,39	0,84	0,51	8,64	0,00	0,00	48,42	0,00	78,22
2017	0,00	0,00	0,00	0,00	7,95	0,33	2,88	12,45	0,00	0,00	64,67	3,10	91,38
2018	0,00	0,00	0,00	0,00	3,51	2,82	9,24	42,63	0,00	2,80	16,32	0,00	77,32

Nota. Tomado de SENAMHI

4.2. Precipitación media anual

Esta es la precipitación media anual de los últimos 20 años (2000-2018). Se determina sumando la precipitación total anual y dividiéndola por los años de la encuesta. Este artículo utiliza datos del SENAMHI en la tabla 2 para calcular la precipitación media anual de 738,47 mm.

4.3. Precipitación Media Mensual

De la misma forma, la precipitación media anual es el acumulado de los diferentes datos de cada mes de la encuesta. Los datos se tomaron del año 2000 al 2018 y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2

Precipitaciones pluviales promedio por mes de 2015 al 2018

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MEDIA	0,90	1,49	3,61	4,00	13,04	6,87	20,16	19,91	0,00	0,14	52,80	3,00

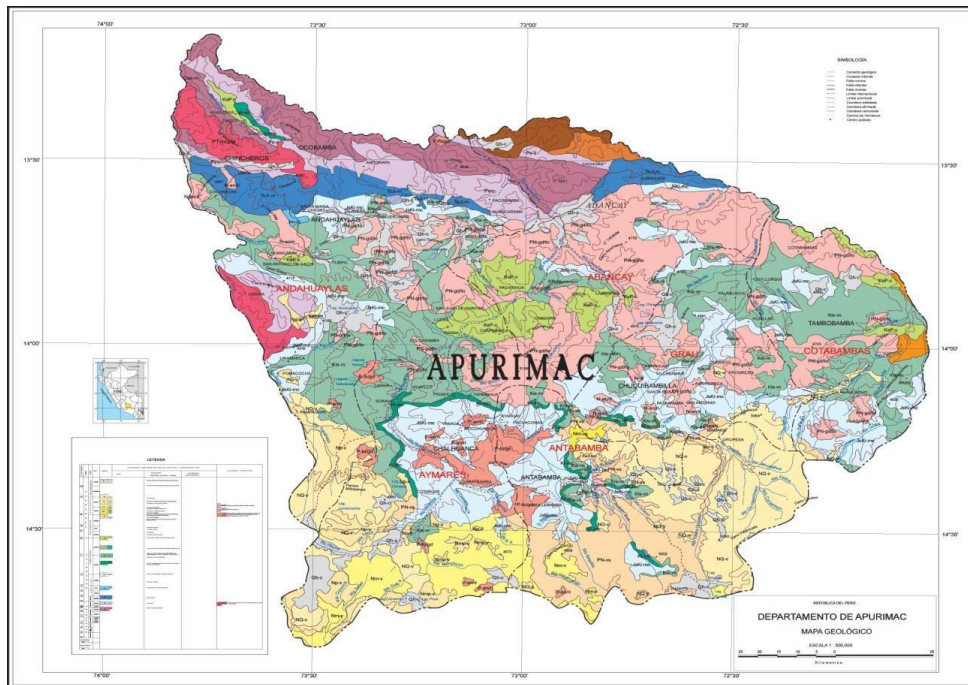
Nota. Tomado de SENAMHI

4.4. Geología

La geología del área de Apurímac es diversa y está compuesta por diferentes formaciones rocosas. Incluye areniscas, cuarcitas, limonitas rojas, lutitas y calizas de varias formaciones, así como rocas del basamento Oligoceno-Mioceno Andahuaylas-Yauri. Esta área pertenece al cinturón skarn de pórfido de cobre-molibdeno, y está ubicada en el borde nororiental de la Sierra Oeste y el altiplano del sur del Perú. La estructura geológica está influenciada por varios sistemas de fallas, con una orientación predominante NE-SE que cambia a E-E a la altura del desvío de Abancay.

Figura 5

Mapa geológico del Departamento de Apurímac



Nota: Obtenido de google maps

4.5. Precipitación aprovechable

Como el primer procedimiento es con la finalidad de determinar la cantidad de precipitación que se puede capturar y utilizar, se calcula la probabilidad de precipitación utilizando la siguiente fórmula, según Critchley y Sievert (1996):

En la ecuación se puede llegar al resultado.

$$P_{(\%)} = \frac{m - 0,375}{N + 0,25} * 100 \quad [3]$$

Dónde:

P = Probabilidad de lluvia %

m = Número de orden

N = Número de observaciones

Para calcular el período de retorno de dichas precipitaciones se utiliza la siguiente fórmula SAGARPA:

$$T = \frac{N + 1}{m} \quad [4]$$

En este estudio se consideró relevante la precipitación de los últimos 20 años y se tomó del año 2000 al 2018, abarcando todos los meses de año de enero a diciembre durante los años mencionados en cada mes, clasifique en orden descendente como se muestra en las Tablas 6, 8, 10 y 12 luego haciendo uso de la Ecuación 1: Probabilidad de precipitación anterior y se obtuvo los datos de las Tablas 7, 9,11 y 13.

A continuación, con base en los datos procesados, la cual muestra la cantidad de precipitación y el período de ocurrencia con un 75 % de probabilidad.

4.5.1. Área de captación de aguas de lluvias

Esta es el área métrica del sistema por el que se captará el agua de lluvia determinada mediante levantamiento topográfico en Autodesk AutoCAD Civil3D 2017 y es de 1250,00 m².

4.5.2. Volumen de agua captada

En la utilización de la precipitación anual total de 44,92 mm (o 44,92L/m²) que figura en la Tabla 16 y el área (1250,00 m²) donde se ha determinado con el software Autodesk AutoCAD Civil3D 2017 Metric. Además, considerando que la cuenca captadora está recubierta con láminas de plástico de polietileno y tiene un coeficiente de deslizamiento de 0,9, el volumen de agua recolectada durante el año, como se observa en la Tabla 18, se determina en 50,535.00litros o 50.54 m³ de agua.

4.5.3. Reservorio

Se decidió utilizar (01) un depósito de 7,500 m³ para almacenar el agua de lluvia recolectada, el cual es suficiente para retener los 7,500 m³ de agua calculados en el apartado anterior. Como se observa los resultados del cálculo en el Anexo 4.

Valoración del volumen de captaciones de agua, por medio de un estudio, Mara - Apurímac.

Para calcular el volumen de drenaje aproximado, primero se considera la posibilidad de calcular los caudales esperados que regularmente pueden ocurrir en la microcuenca estudiada. Con este fin se utilizaron dos métodos: la metodología de Iszkowsky y la metodología de Creager. Se esperan flujos en los primeros cuatro meses del año (desde enero hasta abril); durante esta época es en la que cae el 90% de la totalidad de las precipitaciones.

Cálculo del caudal mediante el método de Iszkowski.

$$Q = \frac{k \times m \times h \times A}{1000}$$

[5]

Tabla 3

Máximo caudal mediante el método Iszkowski

ISZKOWSKI	
k =	0,056
m =	10
h =	93 mm
A =	0,6547 k m ²
Q =	0,0341 m ³ /s

$$Q = \frac{0,056 * 10 * 93 * 0,6547}{1000}$$

$$Q = 0,0341 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo del caudal mediante el método de Creager.

$$Q^{\text{MAX}} = (C^1 + C^2) \log(T) A^{mA^{-n}} \quad [6]$$

Datos:

Tabla 4

Máximo caudal mediante el método Creager

Método de Creager	
C1=	1,01
C2=	4,37
A=	0,6547 k m ²
n=	0,04
m=	1,02
T=	2 Años
Qmax=	1,0606 m ³ /s

$$Q_{max} = (1,01 + 4,37) * \log(2) * 0,6547^{(1,02)*(0,6547)^{-0,04}}$$

$$Q_{max} = 1,0606 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal promedio

Según las Tablas 4 y 5, los flujos promedio esperados durante el período de retorno de dos años se muestran en el Tabla 6.

Tabla 5

Promedios de los caudales Greager y Iszwozki

Promedio Caudales	
CREAGER=	1,0606 m ³ /s
ISZWOZKI=	0,0341 m ³ /s
Q prom =	0,54735 m³/s

Estimaciones de captación de agua para los primeros cuatro meses de este año

Tomando una cantidad aproximada de 119 días (incluyendo 4 meses iniciales del año) y teniendo en cuenta el máximo caudal más bajo obtenido del modelo estadístico anterior como precaución de ingeniería, el caudal promedio del método Iszkowsky de $0,0341 \text{ m}^3/\text{s}/\text{día}$ correspondería a 350.602 metros cúbicos de agua al año.

4.5.4. Diseño para el almacenaje y captación de aguas pluviales en el distrito de Mara- Apurímac

La identificación de proyectos de captación y almacenaje del agua de lluvia requiere de la planificación de obras de estructura y no estructurales. En lo que respecta a la parte no estructurales, pueden incluir proyectos forestales y retroalimentación forestal de la microcuenca de Mara, del mismo modo, las obras de construcción para el captado y almacenaje, mediante zanjas de filtración en los declives de la cuenca y los propios embalses y sus obras asociadas, así como las presas, aliviaderos y puertas de control. En el diseño de todos estos trabajos es preciso tener en cuenta las distintas particularidades topográficas de la microcuenca de Mara, o el área de influencia de esta área de investigación; del mismo modo, las particularidades tanto hidrológicas como meteorológicas del entorno de la microcuenca Mara o del área de estudio.

Textura del suelo

Este parámetro físico, expresado en porcentajes de limo, al igual que arena y porcentaje de arcilla, se determinó mediante la metodología de Bouyoucos, que tiene más ventajas que el método de la pipeta, utilizando triángulos texturizados de tres muestras tomadas de: Observando el yacimiento a través del pozo, encontramos que el suelo principal del embalse es arcilloso limoso, así como se visualiza en la tabla 7:

Tabla 6

Textura del suelo en lugar de estudio en el distrito de Mara

Coordenadas	Estrato	Textura (%)			Tipo de suelo
		Arena	Arcilla	Limo	
X= 564445,89 Y=960131,17	0 – 30 cm	11	92	43	Arcillo Limoso
	30 – 60 cm	13	91	45	Arcillo Limoso
	60 – 90 cm	13	88	37	Arcillo

Particularidades Geomorfológicas

Conforme la Figura 5, se muestra el área de influencia de la microcuenca Mara, donde se han identificado los principales bolsillos topográficos relevantes para la toma de decisiones de este estudio. Es decir, la microcuenca de Mara se encuentra en la región de Apurímac y que tiene características propias de sedimentación y estructura, que concuerda con la geología y la geomorfología de la región de Apurímac, la cual incluye la presencia de rocas sedimentarias y volcánicas depositadas durante el Jurásico y la existencia de fallas regionales que controlan el drenaje de los ríos principales, en general, se puede decir que la microcuenca de Mara en Apurímac se encuentra en una región con una geología y geomorfología complejas y variadas.

Figura 6

Mapa geológico de la región de Apurímac – Vista satelital



En la Tabla 8, se muestran los valores característicos más importantes del relieve de las microcuencas; por tanto, obtenemos el área total de la microcuenca 0,6547 kilómetros cuadrados (65,47 hectáreas); con un perímetro que comprende las micropiscinas es de 3,17 kilómetros. Teniendo una longitud del canal principal, el cual abarca 0,64086 kilómetros y el factor de densidad es 1,1; cercano a unidad que representa una cuenca casi circular, que hidrológicamente refleja una respuesta directa a las precipitaciones, agua de lluvia al agua de escorrentía.

Tabla 7

Características geomorfológicas de la microcuenca Mara.

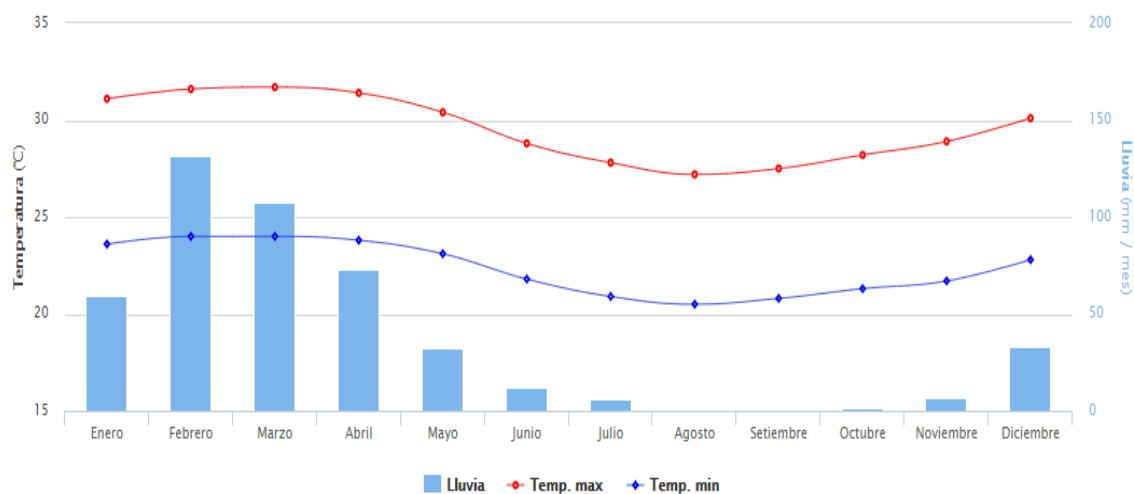
Características Geomorfológicas de la Microcuenca Mara	
Área (km ²)	0,6547
Perímetro (km)	3,1700
Longitud de quebrada (m)	640,86
Coefficiente de Copacidad (Kc)	1,1

Características Meteorológicas

A. Temperatura: El historial de datos de acuerdo al reporte del SENAMHI en referencias a las 3 últimas décadas, la temperatura presenta una variación, así como visualiza en la Tabla 8 y Figura 7.

Figura 7

Variaciones de las temperaturas en las últimas 3 décadas, Región Apurímac.



Fuente: SENAMHI

Tabla 8

Variación de las temperaturas en las últimas 3 décadas, Región Apurímac.

<i>mes</i>	<i>temperatura máxima °C</i>	<i>temperatura mínima °C</i>
enero	311	236
febrero	316	24
marzo	317	24
abril	314	238
mayo	304	231
junio	288	218
julio	278	205
agosto	272	205
setiembre	275	208
octubre	282	213
Noviembre	289	217
diciembre	301	228

Nota. Tomado de SENAMHI

B. Evaporación.

Según Puño (2004), con base en la información disponible, la evaporación carterista en la cuenca de Mara – Apurímac, se registró de dos maneras: mediante un evaporador “Clase A” (tanque de evaporación); según los registros de la ex estación Los Cedros, la variación anual de la evaporita "Piche" es de 810 mm, con un promedio de 2,22 mm diarios en el sector bajo de la cuenca; según registros de la estación Célica a 2.700 metros, la precipitación en la parte central de la cuenca es de 1.290 mm, con un promedio de 3,54 mm diarios.

Características Hidrológicas

A. Precipitaciones:

Según la Tabla 10, los cambios en las precipitaciones totales durante los últimos 20 años en la Estación del Campamento de la Sede del Programa Especial Apurímac, a unos 10 kilómetros del área de estudio, como se muestra en la tabla.

Tabla 9

Variaciones de las precipitaciones en la estación campamento sede en la región Apurímac. 2015 - 2018

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	11,40	38,00	330,60	25,40	39,40	1,30	0,00	0,00	0,30	6,50	1,20	3,00
2016	27,10	241,00	174,40	70,00	0,10	2,00	0,00	0,80	1,30	0,00	0,00	6,30
2017	143,90	90,90	337,40	58,60	35,00	0,20	0,00	0,30	0,90	2,90	0,10	0,70
2018	12,80	30,00	8,80	0,30	33,40	0,00	0,00	0,20	0,00	0,30	1,20	34,20

Nota. Tomado del Proyecto Especial Apurímac (Campamento Sede)

B. Rapidez de infiltración:

La tasa de infiltración se ha establecido como la penetración vertical y horizontal del agua de riego o de las aguas de lluvia en el suelo por medio del área del suelo hasta las capas internas. La tasa de penetración varía según la estructura del suelo; es más rápido en suelos arenosos y más lento en suelos arcillosos.

En este estudio, utilizando el método del cilindro penetrómetro, se obtuvo un valor promedio de velocidad de penetración de 0.1 mm/h, el cual se encuentra dentro del rango de su textura (arcilla limosa) como se visualiza en la Tabla 11.

Tabla 10

Datos obtenidos de infiltración en centro del depósito de agua

INFILTRACION						
PARCIAL	ACUMULADO	INFILTRADA	ACUMULADA	INSTANTANEA	HORARIA	
(min)	(min)	(cm)	(cm)	(cm/hr)	(cm/h)	
	15	60	0,05	0,40	0,20	0,40
	30	90	0,05	0,45	0,10	0,30
	30	120	0,02	0,47	0,04	0,24
	60	180	0,01	0,48	0,01	0,16

Nota. Se ajusta a los datos por la metodología de los mínimos cuadrado

Tabla 11

Acumulación de las infiltraciones.

ACUMULADO		INSTANTANEA					
(min)	(cm/hr)	LOGt Xi	LOG ti Yi	Xi ²	Yi ²	Xi * Yi	
	60	0,2	17,782	-0,699	31,618	0,4886	-12,429
	90	0,1	19,542	-10,000	38,191	10,000	-19,542
	120	0,04	20,792	-13,979	43,230	19,542	-29,066
	180	0,01	22,553	-20,000	50,863	40,000	-45,105
	Σ		141,972	-64,738	24,4864	90,841	-135,440

Dado el modelo:

Media de \bar{X} y \bar{Y}

$$\bar{X} = -0.6474 \quad \bar{Y} = 1.4197$$

Calculando B, A y tiempo:

$$B = \frac{n(\sum Xi \cdot Yi) - \sum Xi \cdot \sum Yi}{n\sum Xi^2 - n\sum Yi^2}$$

$$B = -1,00524058$$

$$= \frac{\sum Yi - B \sum i}{n}$$

$$A0 = 6,02$$

$$T = 603,14435$$

$$T = -600 B$$

Valor de infiltración acumulada en milímetros

$$I_{cum} = AT^B$$

$$I_{cum} = 6.02 (603.14435)^{-1.00524058}$$

$$I_{cum} = 0.10 \text{ mm}$$

Tabla 12

Valoración de infiltraciones básicas en base a las clases de suelos.

Textura del suelo	Infiltración básica. Rango de Variación (mm/h)	Ib promedio (mm/h)
Arena	25-50	50
Franco-arenoso	13-75	25
Franco	7,5 - 20	12,5
Franco-limoso	2 - 15	7,5
Arcillo- limoso	0,2-5	2,6
Arcilla	0,1 - 1	0,5

Nota. Instructivo (medida de las infiltraciones en los suelos)

Diseño de estructuras del sistema captación

En este proyecto se recomienda construir un embalse o un pequeño embalse para recoger el agua de lluvia, así como diseñar fosas de infiltraciones en el talud de la microcuenca.

A. Diseño del embalse y presa

El diseño de embalses y presas tiene en consideración la clase de suelo que predomina (arcilloso-limoso) en el interior del embalse, el ángulo de roce en el suelo, la pendiente, etc. Esto se visualiza en el siguiente cálculo:

Tabla 13

Movimiento de tierras.

Secciones levantadas en campo	Elevaciones		Áreas (m ²)	Semi- Distancia (m)	Relleno (m ³)
	Terreno Natural	Subrasante			
0+000,000	50,095	50,000	0		
0+010,000	47,623	50,000	22,08	5,00	110,42
0+170,000	49,885	50,000	1,38	5,00	151,89
0+180,000	50,000	50,000	0,00	5,00	6,9
			Total		25165,93

Nota. Datos obtenidos por el programa civilCAD

El diseño de embalses y presas tiene en consideración la clase de suelo dominante (arcilloso-limoso) en el fondo del almacenamiento de agua, el ángulo de roce en el suelo, la pendiente, etc.

B. Diseño de dique

A la carga hidráulica máxima (ver anexo: diagrama de sección típico), en función de la clase de suelo (arcilloso-limoso) y su ángulo y las fricciones internas, la estructura de la presa se calcula de acuerdo con los datos que se muestra en la Tabla 15.

Tabla 14

Ángulo de las fricciones interna en base a clases de suelo.

Tipo de terreno	ϕ°
Arcilla suave	0° -15°
Arcilla media	15°- 30°
Limo seco y suelto	27°- 30°
Limo denso	30°- 35°
Arena suelta y grava	30°- 40°
Arena densa y grava	25°- 35°
Arena suelta, seca y bien graduada	33°- 35°
Arena densa, seca y bien graduada	42°- 46°

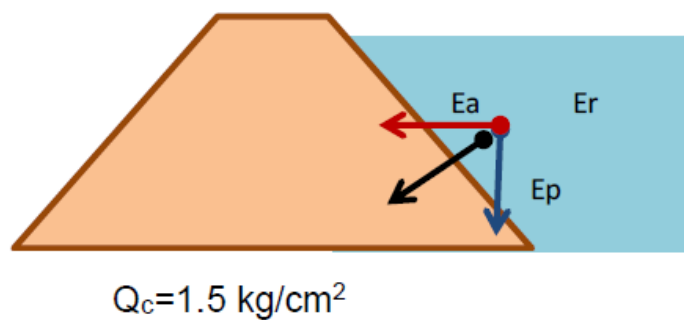
Predimensión y cálculo del dique

La arcilla limosa se incluye en los cálculos porque es el suelo más rico del río del distrito de Mara.

Como referencia hemos obtenido un valor de $1,5 \text{ kg/cm}^2$ como capacidad portante del suelo donde se ubica la presa de la siguiente tabla que muestra su capacidad portante según el tipo de suelo que estemos considerando para suelo arcilloso muy compactado.

Figura 8

Capacidad portante según el tipo de suelo



Nota. Esquema de cálculo del Q_c .

En la Tabla 16 se muestra los datos de referencia en base a la capacidad de carga.

Tabla 15

Datos de referencia en base a la capacidad de carga.

Datos referenciales sobre capacidad portante	Kg/c m²
Roca medio dura y sana	20
Roca blanda o fisurada	7,0
Conglomerado compactado bien graduado	4,0
Arena gruesa mezclada con grava	2,0
Arena gruesa y fina mezcladas con limo o arcilla	1,5
Arcilla muy compactada	1,5
Arcilla medianamente compactada	1,0
Arcilla mezclada con limo y sin compactar	0,5

Geometría de sección			
Ancho Corona:	5,00 m		
Altura (h):	10,00 m		
Ángulo Fricción:	30,0 °		
Talud Izq. (x-y):	1,750	1,00	1,00
Talud Der. (x-y):	1,750	1,00	1,00
Ancho Base (B):	40,00 m		
Centroide: (x, y):	8,68 m	2,35 m	

4.6. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Esta investigación se divide en dos fases: campo y oficina, para estimar el escurrimiento en función de las precipitaciones y/o utilizando modelos de cuencas secas y capacidad de almacenaje de embalses.

La metodología utilizada en este estudio es científica, utilizando un enfoque práctico para resolver un problema específico de extracción de agua en espacios abiertos, lo que

significa que los procedimientos metodológicos que permiten probar las hipótesis de nuestra propuesta son los siguientes:

1. Levantamiento topográfico (planimetría, altimetría) de la microcuenca en el cerro Pito Orqo en la jurisdicción de Mara, Cotabambas -Apurímac.

En esta fase se realizó el levantamiento topográfico utilizando la estación total de las microcuencas del Tipo Orqo, seguido del mapeo de los contornos topográficos de la zona mediante el software AutoCAD y CivilCAD y guardando los puntos de georreferenciación en un archivo UTM compatible con el software.

2. Plantear un diseño del sistema para captar y almacenar agua de lluvia y sus correspondientes drenajes.

Incluye propuestas de diseño para presas de almacenamiento y sus aliviaderos asociados, teniendo en cuenta estudios críticos de lluvia y mecánica de suelos.

3. Realizar el cálculo de la cantidad de agua mediante un modelo matemático o software.

Se trata de calcular la cantidad de agua captada en función de las precipitaciones de la zona.

4. Valorar los volúmenes de agua aprovechables.

Esto incluye determinar el agua utilizable según el tipo de riego y el uso doméstico.

4.6.1. Descripción generalizada de las campañas de campo (Misiones)

a. 1ra. fase de campo

- Identificación de la microcuenca en el cerro Tipo Orqo.
- Obtener las particularidades morfológicas para las presas de almacenamiento.
- Consulta de estaciones meteorológicas cercanas (distrito de Mara, Apurímac).

La estación meteorológica de la localidad de Mara, cercana al área de estudio, viene monitoreando una serie de registros de niveles y caudales de agua por parte del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y el Servicio Binacional.

4.6.2. Monitoreo de precipitaciones

- a. Recopilación de información sobre precipitaciones.
- b. Analizar y criticar sobre el procesamiento de información hidrológica.

Los datos sobre las precipitaciones se obtuvieron de la estación meteorológica en el cercano a la sede del distrito de Mara, Apurímac.

- c. Analizar los caudales.

Al tratar sobre la microcuenca en el cerro Pito Orqo, no se dispone de datos de caudal medido; los mismos que los producidos utilizando el modelo de Iszkowsky y el método Creager.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1. Valoración del volumen de la captación de agua, por medio de un estudio hidrológico en el distrito de mara.

En este estudio se utilizó el método Iszkowsky para estimar la esorrentía y utilizó la precipitación anual en la estación del campamento sede del PEBPT, que promedió 93 mm. El valor del caudal resultante es de 0,0341 m³/s. De manera similar, el caudal se estimó mediante el método Creager y se obtuvo el caudal máximo de 1,0606 m³/s.

Se tuvo en cuenta que el 90 % de las precipitaciones caen entre los meses de enero a abril, es la época en la que se permite que el agua de lluvia se acumule en las micropiscinas. Por razones de seguridad, se utilizaron los valores obtenidos de los vertidos por el método de Iszkowsky, y considerando que el número de días al año con posible precipitación es de 119, el vertido total se estimó en 350 602 m³/año. Si se toman en cuenta las pérdidas por evaporación e infiltración, la pérdida anual de agua es de aproximadamente 229 261,40 m³; por tanto, la cantidad de agua disponible en un año lluvioso normal es de 71 341,16 m³; este valor puede excederse durante eventos de El Niño o puede aumentar significativamente durante sequías.

5.2. Diseño de un sistema de captación y almacenaje del agua pluvial en el distrito de Mara.

El área total de la microcuenca en el distrito de Mara es de 0,6547 km², la circunferencia es de 9,17 km, el largo del canal matriz es de 0,64086 km, el factor de densidad es de 1,1, las características del terreno son excelentes. Esto puede ser un indicador de que se considera una pequeña microcuenca formada por medio de un solo canal. La temperatura máxima de la piscina varía a lo largo de los doce (12) meses del año, siendo desde enero a abril meses cálidos, mientras que desde mayo hasta octubre son consideradores meses más

fríos. En cuanto a la evaporación, se puede demostrar que la evaporación promedio diaria en la micropiscina es de 2,22 mm.

Precipitaciones en microcuencas, según los datos obtenidos de la Estación Campamento Sede del PEBPT, mediante la estimación al 90 % de las precipitaciones se concentran entre enero y abril. La tasa media de infiltración del suelo obtenida fue de 0,10 mm/h. Corresponde a las propiedades de la arcilla.

La construcción de un pequeño depósito de agua con una capacidad total de 864.000 metros cúbicos y la construcción de un pozo de filtración o caldera en forma de media luna son las obras constructivas más destacadas del sistema. Como ocurre con cualquier embalse, para garantizar un equilibrio hídrico y una planificación de recursos hídricos adecuados, el embalse propuesto perderá aprox. 229 261,40 metros cúbicos al año. Con precipitaciones normales, el consumo de agua es de 71 341,16 m³/a.

En materia de obras no estructural, se propone las forestaciones y reforestaciones en la microcuenca del distrito de Mara mediante la siembra de plantas características de la zona, centrándose en algarrobos, chalán, palo santo y guayacana. También se recomienda crear una zanja de infiltración en forma de media luna o también conocida como zanja 'tetera' con una longitud de 1 a 3 m, un diámetro de 30 a 50 cm y una profundidad de 30 a 50 cm, donde se depositarán las semillas. Se regará fuera de la temporada de los monzones. Permite que la vegetación brote y crezca durante la temporada de lluvias.

5.3. Determinar la utilización del agua pluvial depositada.

El agua recogida se puede utilizar para fines domésticos e industriales. Está a disposición de los habitantes de las aldeas de la región de Mara para uso doméstico, utilizando sistemas de purificación de agua adecuados. El uso productivo de esta agua incluye la actividad de regado en pequeñas áreas de agricultura y la introducción de sistemas de reforestación y replantación en microcuencas.

Realizar un estudio económico del proyecto para estimar los costos económicos y el volumen del agua con posibilidad de ser captado y determinar la factibilidad del proyecto.

5.4. Evaluación Económica del proyecto y valoración del costo económico vs. el agua estimada a ser captada y determinación de la viabilidad del proyecto.

La inversión inicial del costo total estimado para este proyecto es de S/ 4, 701,843,62 72,820,28 m³/año para almacenamiento, dando un costo de inversión inicial de S/. La cantidad de agua obtenida es de 75,60/m³.

CONCLUSIONES

1. Utilizando el método Iszkowsky para la cuenca principal, el caudal estimado se aplicó la microcuenca del río del distrito de Mara es de $0,0341 \text{ m}^3/\text{s}$, tomando en cuenta que el 90 % de la precipitación cae de enero a abril (119 días), el importe total calculado, el flujo de la cantidad de precipitación es de $350,602 \text{ m}^3/\text{a}$, Teniendo en cuenta las pérdidas por evaporación y percolación directa, la cantidad de agua útil con precipitaciones normales se estima en $72,820,28 \text{ m}^3$ metros cúbicos/año.
2. Proyectos de ingeniería finalizados, que incluyen una presa de capacidad de almacenaje, un embalse con una capacidad total de $7,500 \text{ m}^3$ y la construcción de una para almacenamiento de infiltración en forma de media luna. Entre las obras no estructurales se considera la forestación de 18 hectáreas, correspondientes al 30 % de la totalidad del agua en la cuenca, con especies forestales en una densidad de 1000 árboles por hectárea.
3. Según la Ley de Recursos Hídricos N° 29338, el almacenamiento de agua útil se puede utilizar por primera vez para el suministro de agua doméstica a los residentes rurales del distrito de Mara, del mismo modo se utilizará en agricultura y ganadería.
4. El coste total inicial del proyecto es de aproximado a S/ 4,801,953,23 (cuatro millones ochocientos mil novecientos cincuenta y tres con 23/100 soles), tomando en cuenta el volumen total de almacenamiento de $72,820,28 \text{ m}^3/\text{a}$, el costo inicial es de S/ $75,60 \text{ m}^3$ el costo de inversión del agua extraída.

RECOMENDACIONES

1. Para estimar con mayor precisión el caudal y volumen de agua en cuencas secas, se recomienda la instalación de estaciones tanto meteorológicas como hidrológicas en estas áreas de drenaje para obtener datos calculados mediante datos estadísticos y datos medidos ello mediante de pequeñas estaciones de medición hidrológica.
2. Para reducir la tasa de infiltración en el depósito del embalse, los cuales deberán realizar operaciones de sellado en el interior del depósito y/o con impermeabilidad mediante geomembrana sintética. También se pueden considerar otros árboles o tipos de madera con un periodo vegetativo más corto en la zona, como olmo, uña de gato, etc. Al comienzo de la temporada de lluvias (diciembre-enero), las plántulas se deben colocar en agujeros de drenaje o en macetas.
3. Si bien se prioriza el uso doméstico del agua, se recomienda tratar adecuadamente las aguas estancadas y sujetas a contaminación.
4. Realizar un análisis costo-beneficio más adecuado y poder decidir sobre la viabilidad o viabilidad de implementar dicho proyecto, hacer una previsión del ciclo de vida del proyecto de 5 a 10 años, una estimación de los costos fijos y costos. Los costos variables en los que se incurrirá durante la vida del proyecto y los ingresos generados durante la vida del proyecto, asegurando que la relación costo-beneficio debe ser >1 para asegurar la viabilidad del proyecto.
5. El proyecto se debe ser instalado como primer capa geomembrana de tal manera la filtración es poco probable.
6. Aplicar para biohuerto familiar en las viviendas existentes.
7. Administrar lo más viable y tener acceso de control por las autoridades pertinentes para evitar el desperdicio del agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Ala Huaura. (2010). *Evaluación de recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Huaura*. Lima: Ministerio de Agricultura.
- Allen, R. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma: FAO.
- Amaya, M. (1998). *Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y El Caribe*. México: IICA.
- Barreto, J. C., Gualtero, J. A., & Vargas, E. M. (2016). *Diseño de sistema de captación de aguas lluvias para el abastecimiento total de la finca agroturística mesopotamia finca hotel ubicada en la vereda caney bajo en el km 14 vía Villavicencio – Cumaral*. Villavicencio: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Camargo, J. A. (2004). *Manual de geología estructural*. Bogotá.
- Castillo, P. A. (2013). *Propuesta metodológica para evaluar sistemas. Propuesta metodológica para evaluar sistemas*. Guatemala.
- Díaz, C. E., & Pretel, E. R. (2014). *Diseño hidráulico y agronómico para un sistema de riego tecnificado del sector La Arenita, Distrito Paiján-Chicama*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Fernández, D. (s.f.). *Estimación de las demandas de consumo de agua*. Montecillo: Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación.
- Grandez, P. (2015). *Aprovechamiento de agua de lluvia, para optimizar el uso de agua potable residencial*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Guzmán, S. F. (2014). *Sistema de Captación de Aguas Pluviales Adaptable a casas habitación*. México: Universidad Tecnológica de la Mizteca.

- Hernández-Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL.
- León, L. M. (2016). *Aprovechamiento sostenible de recursos hídricos pluviales en zonas residenciales*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- López, Á. (2015). *Evaluación integral de pavimentos flexibles Pativilca-Conocoha (tramo Km. 0+00- Km. 20+000)*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- MINSA. (2010). *Norma Técnica de Salud: "Gestión y Manejo de Residuos Sólidos en Establecimientos de Salud y Servicios Médicos de Apoyo a nivel Nacional"*. Lima: Ministerio de Salud.
- MVCS. (2011). *Glosario de términos*.
- Palacio, N. (2010). *Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la Institución Educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquía*. Medellín: Universidad de Antioquía.
- Parra, H. E. (2012). *Diseño de un sistema de riego por goteo automatizado*. Sonora: Instituto tecnológico de Sonora.
- Puño, N. (2004). *Análisis situacional de la cuenca del río Tumbes*. Tesis para grado de magister, Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Rigan, W. (2001). *Análisis de Datos*. Estados Unidos: Analysis.

ANEXOS

Anexo 1:

Matriz de Consistencia

ANÁLISIS DEL PERFIL GEOLÓGICO PARA LA CAPTACIÓN DE AGUAS PLUVIALES PARA AFRONTAR LOS MESES DE SEQUÍA EN EL DISTRITO DE MARA PROVINCIA COTABAMBAS (APURÍMAC) 2023

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLES	DIMENSIONES E INDICADORES	MÉTODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p>Problema general: ¿Cómo es el perfil geológico de la provincia de Cotabambas contribuirá técnicamente a la captación de aguas pluviales, en los meses estratégicos, para afrontar el problema de la sequía?</p>	<p>Objetivo general: Determinar el perfil geológico para la captación de aguas pluviales para afrontar los meses de sequía en el distrito de Mara provincia Cotabambas (Apurímac)</p>	<p>Hipótesis Alterna: Con las metodologías actuales, el perfil geológico es adecuado para captación de aguas pluviales en el distrito de Mara de la provincia de Cotabambas, para afrontar el problema de la sequía.</p>	<p>Variable Independiente Captación de aguas pluviales</p> <p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Régimen • Calidad • Topografía 	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones climatológicas. • Precipitación • Agua • Químicos • Tipo de suelo • Pendiente de terreno 	<p>Enfoque de la investigación: Cuantitativo</p> <p>Nivel de investigación: Descriptivo</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada</p>	<p>Población y muestra: Diseño y Sistema de almacenamiento de agua potable Mediante la captación de Aguas Pluviales en el distrito de Mara de la provincia de Cotabambas, Apurímac, 2023.</p>

<p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el régimen adecuado del distrito Mara? • ¿Cuál es su población y muestra del distrito Mara? • ¿Cómo analizar el levantamiento topográfico de la zona de estudio para la captación de aguas pluviales en el distrito de Mara de la provincia de Cotabambas? 	<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el régimen adecuado de las aguas pluviales para el consumo humano del distrito de Mara. • Determinar su población y muestra para la captación de aguas pluviales del distrito de Mara. • Analizar el levantamiento topográfico de la zona de estudio para la captación de aguas pluviales en el distrito de Mara de la provincia de Cotabambas. 	<p>Hipótesis Nula</p> <ul style="list-style-type: none"> • El régimen de las aguas pluviales es el adecuado para el consumo humano del distrito de Mara de la provincia de Cotabambas. • El diseño para la captación es adecuado para la captación de aguas pluviales del distrito de Mara de la provincia de Cotabambas. • El levantamiento topográfico de la zona de estudio es la adecuada captación de aguas pluviales en el distrito de Mara de la provincia de Cotabambas. 	<p>Variable Dependiente</p> <p>Diseño de sistema almacenamiento</p> <p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tanque de almacenamiento. • Red de distribución 	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen de tanque • Caudal • Diámetro de tubería. • Pendiente de tubería 	<p>Técnicas e Instrumentos</p> <p>:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual. • Levantamiento Topográfico. • Curva de elevación. 	
--	---	--	---	---	--	--

Fuente: “Elaboración propia”

Anexo 2:

Mapa de Ubicación del Proyecto en el cerro Pito Orqo, Mara, Cotabambas y Apurímac



Nota: Google Maps

Anexo 3:

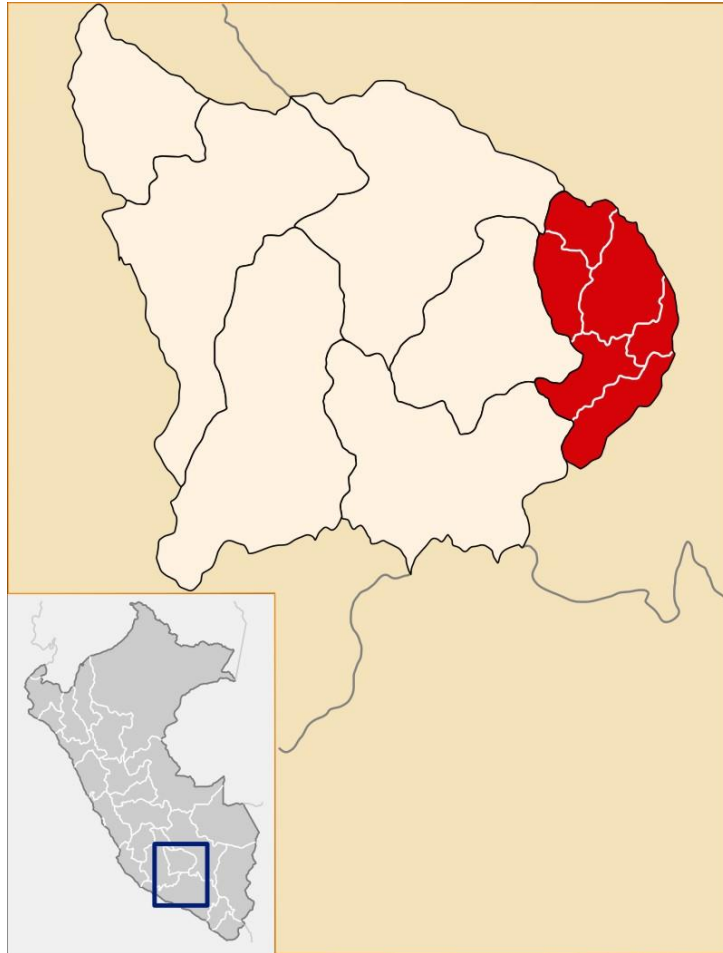
Mapa de ubicación del proyecto de cosecha de H2O



Nota: Google Maps

Anexo 4:

Mapa de ubicación del distrito Mara, Cotabambas y Apurímac



Nota: Municipalidad distrital de Mara, wikipedia.com

Anexo 5:

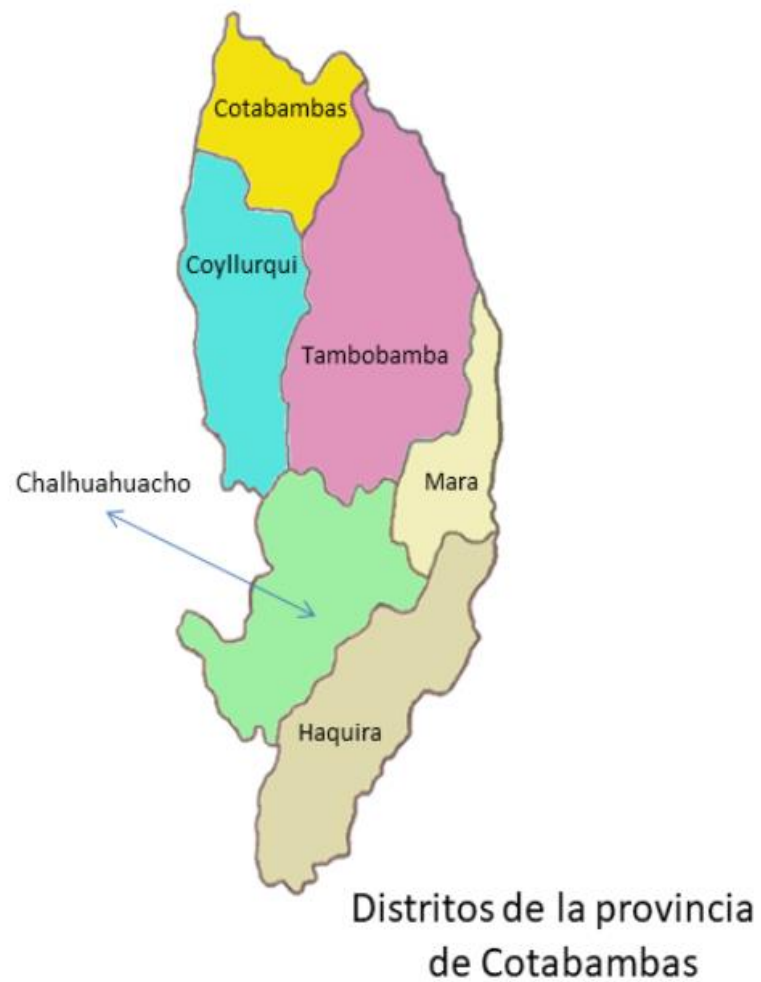
Mapa de ubicación de la provincia Cotabambas, Apurímac



Nota: Municipalidad provincial de Cotabambas, wikipedia.com

Anexo 6:

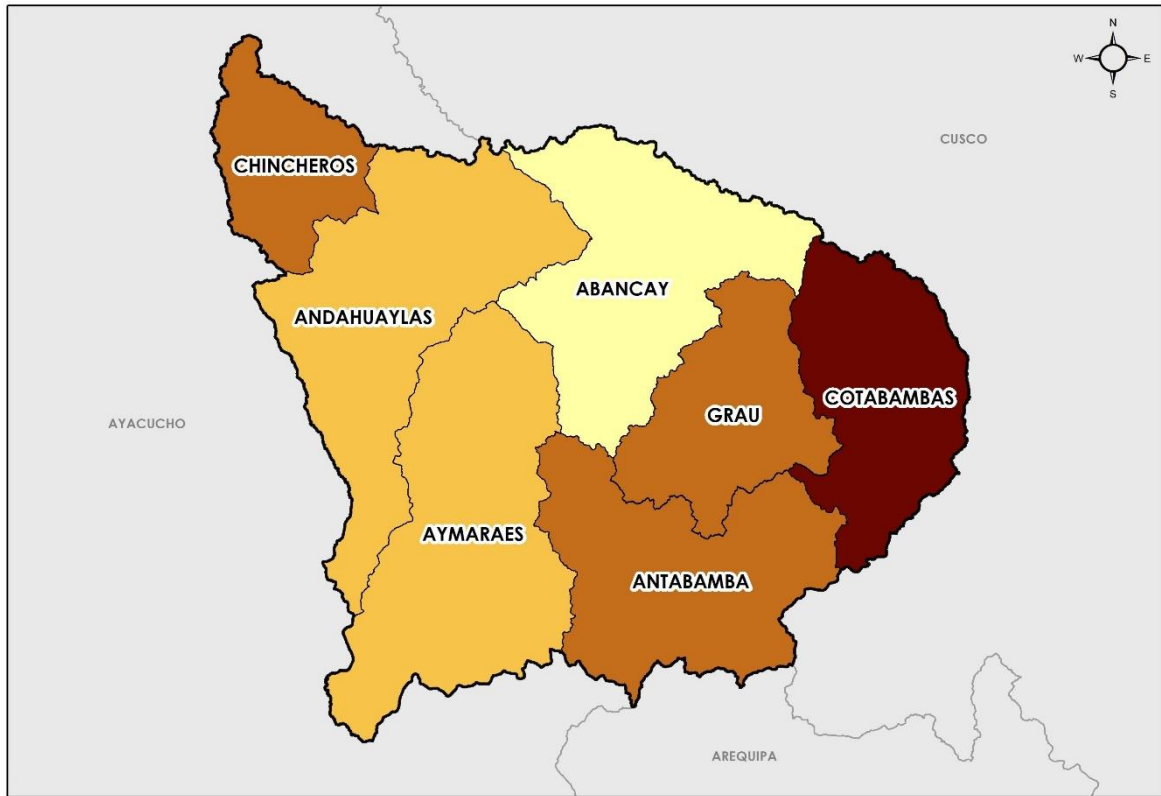
Mapa de Ubicación de la provincia Tambobamba, Madre de Dios



Nota: Municipalidad provincial de Tambobamba, wikipedia.com

Anexo 7:

Mapa de Ubicación del departamento Abancay



Nota: Región Abancay, wikipedia.com

Anexo 8:

Cálculo de Precipitación Aprovechable

Mes y Año	Lluvia (mm)	Número de orden	Mes y Año	Lluvia (mm)	Período de Retorno T (años)	Probabilidad de Lluvia (%)
Abr-2011	104.49	1	Abr-2011	104.49	13	5.1
Abr-2003	65.82	2	Abr-2003	65.82	6.5	13.27
Abr-2003	64.11	3	Abr-2003	64.11	4.3	21.43
Abr-2000	60.18	4	Abr-2000	60.18	3.3	29.59
Abr-2013	59.61	5	Abr-2013	59.61	2.6	37.76
Abr-2002	56.79	6	Abr-2002	56.79	2.2	45.92
Abr-2012	54.66	7	Abr-2012	54.66	1.9	54.08
Abr-2006	51.72	8	Abr-2006	51.72	1.6	62.24
Abr-2005	45.00	9	Abr-2005	45.00	1.4	70.41
Abr-2017	41.97	10	Abr-2017	41.97	1.3	78.57
Abr-2009	32.64	11	Abr-2009	32.64	1.2	86.73
Abr-2008	32.31	12	Abr-2008	32.31	1.1	94.9

Fuente: "elaboración propia"

Anexo 9:

Topografía: Instrumentos para levantamiento topográfico del área de captación



Estación total Leica TS02



Trípode



Prisma



Bastón porta prisma



GPS Garmin eTrex® H



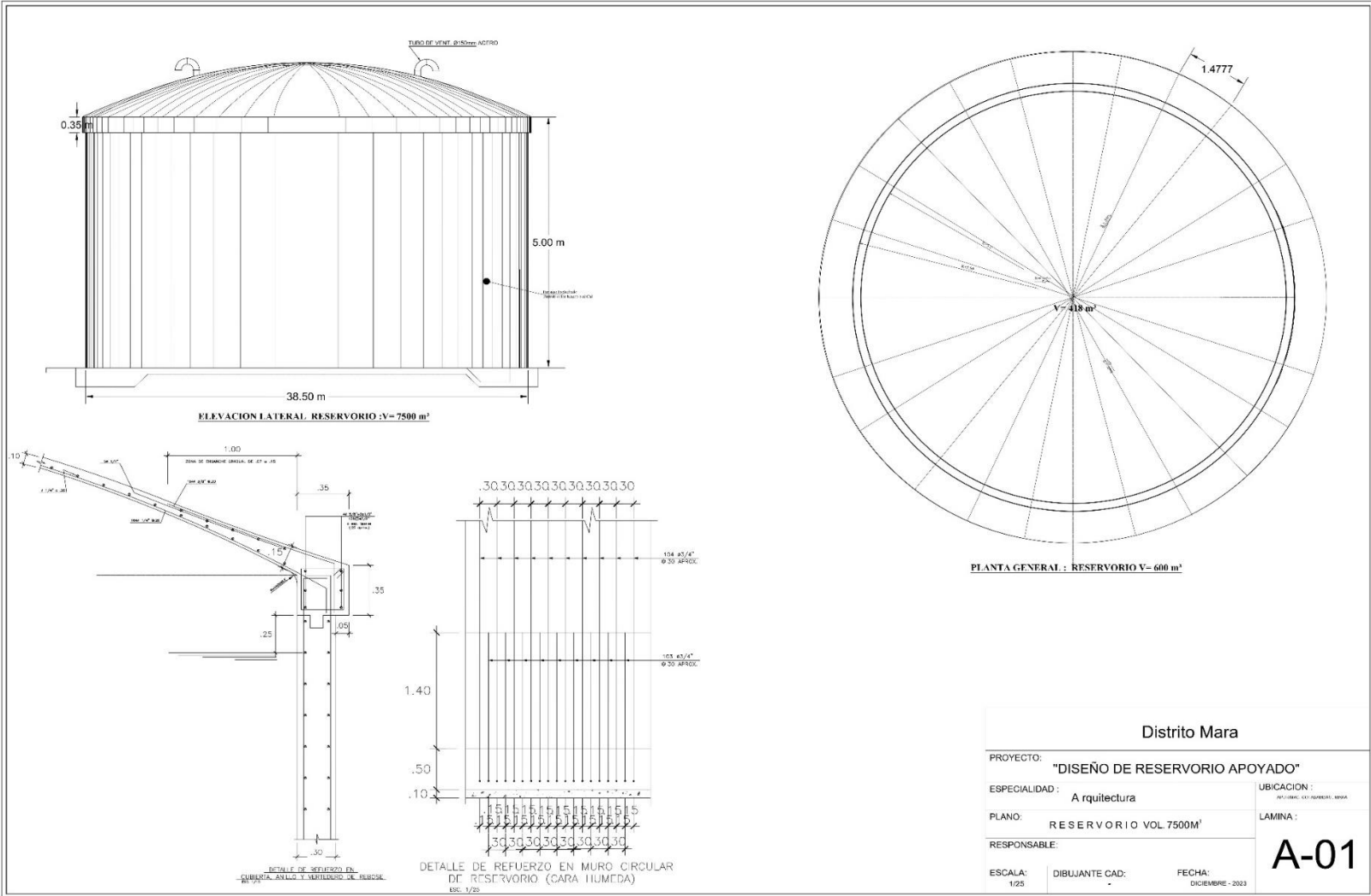
intercomunicadores

Anexo 10:

Cálculo de cantidad de lluvia captada

Mes	Lluvia	Área de Captación	Coef. De Escorrentía	Lluvia Recolectada	
	A	b	c	a x b x c	
	(l/m2)	(m2)		Litros	M3
Abril	6.09	1,250.00	0.9	6,851.25	6.85
Mayo	9.47	1,250.00	0.9	10,653.75	10.65
Junio	0.23	1,250.00	0.9	258.75	0.26
Julio	11.74	1,250.00	0.9	13,207.50	13.21
Agosto	17.02	1,250.00	0.9	19,147.50	19.15
Setiembre	0	1,250.00	0.9	0.00	0.00
Octubre	0	1,250.00	0.9	0.00	0.00
Noviembre	0.37	1,250.00	0.9	416.25	0.42
Diciembre	0	1,250.00	0.9	0.00	0.00
Enero	0	1,250.00	0.9	0.00	0.00
Febrero	0	1,250.00	0.9	0.00	0.00
Marzo	0	1,250.00	0.9	0.00	0.00
Total, de Lluvia Recolectada:		50,535.00		50.54	

Anexo 11: Diseño Reservorio de 600m³



Distrito Mara		
PROYECTO: "DISEÑO DE RESERVORIO APOYADO"		
ESPECIALIDAD: Arquitectura	UBICACION: PUNO, VÍA INTERNACIONAL, SIKKA	
PLANO: RESERVORIO VOL 7500M ³	LAMINA:	
RESPONSABLE:	A-01	
ESCALA: 1/25	DIBUJANTE CAD:	FECHA: DICIEMBRE - 2023