

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA**

**PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**TESIS:**

**APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA  
USO POBLACIONAL, CENTRO POBLADO SAN  
REGIS, NAUTA, 2023.**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AMBIENTAL**

**Bach. JENNIFER STEPAHNIE BARDALES RIOS**

**Bach. VILMA KARMI NUÑEZ NAVARRO**

**ASESOR: ING. MARCO ANTONIO PAREDES RIVEROS**

**Región Loreto, Perú.**

**2023**

***Dedicatoria.***

*Dedico este trabajo de investigación a mi mamá Jazmina y Laura, quienes siempre están presentes de manera incondicional en la realización de mis sueños y de mi vida profesional. A mi esposo por su apoyo y comprensión a mi amada hija Stephanie Ariane que es mi fortaleza e inspiración en mi vida para seguir adelante.*

*Jennifer Stephanie Bardales Ríos.*

*En especial a mi querida mamá y mi querido papá que con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siga adelante y cumplir con mis metas trazadas. Me formaron con reglas y algunas libertades pero al final de cuentas me motivaron constantemente para terminar mi carrera.*

*A mí amado hijo Bernie Andrei que es mi orgullo y gran motivación e inspiración para poder superarme cada día.*

*También dedicar este proyecto a Ruddy Gómez por apoyarme en cumplir con mi carrera profesional.*

*Vilma Karmi Nuñez Navarro*

### ***Agradecimiento.***

*Mi agradecimiento ante todo es para Dios por ser mi guía y acompañante en mi vida, y por siempre llenarme de fortaleza y energía para seguir adelante cada día.*

*A todos mis queridos amigos y compañeros con quienes compartí estos cinco años de la universidad que sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, y a todas aquellas personas que estuvieron a mi lado para apoyarme y poder hacer que mi sueño se haga realidad.*

*De manera especial al asesor del proyecto profesional, Ing. Marco Antonio Paredes Riveros M. Sc. por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino en todo mi proceso de carrera universitaria y haber brindado apoyo profesional y seguir cultivando valores.*



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

### FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N° 494-2023-UCP-FCEI del 07 de julio del 2023, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- |   |            |
|---|------------|
| • Ing. Carmen Patricia Cerdeña del Aguila, Dra. | Presidente |
| • Q.F. Frank Romel León Vargas, Dr.             | Miembro    |
| • Ing. Giorgio Sergio Urro Rodríguez, Mtro.     | Miembro    |

Como Asesor, Ing. Marco Antonio Paredes Riveros M.Sc. ,

En la ciudad de Iquitos, siendo las **09:30 am** del día **09 de octubre del 2023**, supervisado por la Secretaria Académica del Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **"APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA PARA USO POBACIONAL, CENTRO POBLADO SAN REGIS, NAUTA, 2023"**

Presentado por las sustentantes: **VILMA KARMI NUÑEZ NAVARRO Y JENNIFER STEPHANIE BARDALES**

Como requisito para optar el título profesional de:

### INGENIERO AMBIENTAL

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las mismas que fueron: *Asuella*

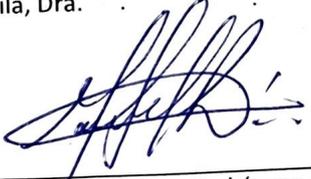
El Jurado, después de la deliberación en privado, llegó a la siguiente conclusión:

que la sustentación *es Aprobada por Unanimidad.*

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.

  
Ing. Carmen Patricia Cerdeña del Aguila, Dra.  
Presidente

  
Q.F. Frank Romel León Vargas, Dr.  
Miembro

  
ing. Giorgio Sergio Urro Rodríguez, Mtro  
Miembro

Contáctanos:

Iquitos - Perú  
065 - 26 1088 / 065 - 26 2240  
Av. Abelardo Quiñones Km. 2.5

Universidad Científica del Perú  
www.ucp.edu.pe

*“Año de la Unidad, la paz y el desarrollo”*

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El Vicerrector de Investigación e Innovación  
de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

La Tesis titulada:

**“APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA PARA USO  
POBLACIONAL, CENTRO POBLADO SAN REGIS, NAUTA, 2023”**

De las alumnas: **JENNIFER STEPHANIE BARDALES RIOS Y VILMA KARMI  
NUÑEZ NAVARRO**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó  
satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un  
porcentaje de **18% de similitud**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que  
estime conveniente.

San Juan, 26 de Setiembre del 2023.



**Dr. Álvaro Tresierra Ayala**  
VICERRECTOR DE INV. E INNOVACIÓN-UCP

CJRA/ri-a  
291-2023

# Resultados\_UCP\_IngenieríaAmbiental\_2023\_Tesis\_JenniferB...

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://scielo.senescyt.gob.ec">scielo.senescyt.gob.ec</a>	Fuente de Internet	1%
2	<a href="https://slideplayer.es">slideplayer.es</a>	Fuente de Internet	1%
3	<a href="https://es.wikipedia.org">es.wikipedia.org</a>	Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://repositorio.ucp.edu.pe">repositorio.ucp.edu.pe</a>	Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://documents.mx">documents.mx</a>	Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://www.scielo.org.pe">www.scielo.org.pe</a>	Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a>	Fuente de Internet	1%
8	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a>	Fuente de Internet	1%
9	<a href="https://www.gob.pe">www.gob.pe</a>	Fuente de Internet	1%



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Jennifer Bardales Rios  
Título del ejercicio: Ingeniería Ambiental  
Título de la entrega: Resultados\_UCP\_IngenieríaAmbiental\_2023\_Tesis\_JenniferBa...  
Nombre del archivo: Proyecto\_Final\_JENNI\_cortado.pdf  
Tamaño del archivo: 1.2M  
Total páginas: 40  
Total de palabras: 9,055  
Total de caracteres: 43,634  
Fecha de entrega: 26-sept.-2023 09:42a. m. (UTC-0400)  
Identificador de la entre... 2177477957

### Resumen

El presente estudio analizó la alternativa de utilización del agua de lluvia para el consumo humano en la comunidad de San Regis, distrito de Nauta, provincia y departamento de Loreto, ubicada sobre el río Marañón, cercano a la línea ecuatorial, se determinó la oferta del sistema a través de la precipitación mensual. La demanda familiar se estimó en función del último censo poblacional del INEI con 211 familias. San Regis posee un régimen de precipitación unimodal con valores mínimas de 150 mm, con un alto potencial hídrico durante todo el año. El área efectiva de la quebrada es 32.56 Has, que proporciona potencial de agua atmosférica de más de 107 000 m<sup>3</sup>. La demanda poblacional de San Regis es de 3924.6 m<sup>3</sup>/mes como mínimo, lo que representa solo el 3% de lo que nos provee el sistema tierra-atmósfera, lo que resulta sostenible. El diseño propuesto para la captación de agua de lluvia contempla un techo metálico, cunetas, tuberías, sistema de cloración, bomba de ariete y un sistema de almacenamiento para su posterior distribución dentro de la vivienda. El costo unitario por familia es de S/. 13856.00 soles, muy por debajo del mercado privado.

**Palabras claves:** agua de lluvia, demanda de agua, oferta de agua, captación de lluvia, cosecha de lluvia.

## INDICE

Resumen.....	7
Abstract .....	8
Capítulo I: Marco teórico .....	9
1.1. Antecedentes del estudio.....	9
1.2. Bases teóricas.....	13
1.2.1 Circulación General de la Atmosfera.....	13
1.2.2 Bomba de ariete.....	16
Principales componentes.....	17
1.3. Definición de términos básicos. ....	19
Capítulo II: Planteamiento del problema. ....	20
2.1. Descripción del problema. ....	20
2.2. Formulación del problema. ....	20
2.2.1. Problema general.....	20
2.2.2. Problemas específicos.....	20
2.3. Objetivos. ....	21
2.3.1. Objetivo general.....	21
2.3.2. Objetivos específicos.....	21
2.4. Hipótesis.....	21
2.5. Variables:.....	21
2.5.1. Identificación de las variables.....	21
2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables.....	21
Capítulo III: Metodología.....	23
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	23
3.2 Población y muestra .....	23
3.2.1 Población .....	23
3.2.2 Muestra.....	23
3.3 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	23
3.3.1 Técnica de recolección de datos .....	23
3.3.2 Instrumentos de Recolección de Datos .....	23
3.3.3 Procedimiento de recolección de datos.....	23
Descripción de la zona de estudio .....	25
4.1 Oferta del recurso hídrico .....	25
4.1.1 Análisis de las variables meteorológicas .....	25

<b>4.2 Demanda poblacional del recurso hídrico .....</b>	<b>28</b>
<b>4.2.1 Población del centro poblado San Regís .....</b>	<b>28</b>
<b>4.2.2 Consumo de agua potable .....</b>	<b>28</b>
<b>4.2.3 Balance del consumo poblacional .....</b>	<b>30</b>
<b>4.2.4 diseño del área de captación de agua potable .....</b>	<b>30</b>
<b>4.2.3 Estructura de Costos - sistema de captación de agua potable .....</b>	<b>32</b>
<b>Capítulo V. Discusión.....</b>	<b>33</b>
<b>5.1 Discusión.....</b>	<b>33</b>
<b>Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>39</b>
<b>6.1 Conclusiones .....</b>	<b>39</b>
<b>6.2 Recomendaciones .....</b>	<b>40</b>
<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>41</b>

## INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1.- Flujo de Calor hacia los Polos (en %del máximo; Riehl, 1965).....	14
Gráfico 2.- Proceso de formación de la ZCIT y las lluvias .....	15
Gráfico 3.- proceso de funcionamiento de la bomba de ariete .....	16
Gráfico 4:- Esquema para el cálculo del agua utilizable.....	24
Gráfico 5.- Ubicación de la zona de estudio.....	25
Gráfico 6. Variación Mensual de la Precipitación .....	26
Gráfico 7. Variación Mensual de las Temperaturas, estación CO-San Regís.....	26
Gráfico 8.- Variación Mensual de la ETP-estación CO San Regís.....	27
Gráfico 9.- Demanda de agua familiar anual (m3) .....	29
Gráfico 10. Relación Oferta del Sistema Vs Área captación .....	31
Gráfico 11. Ubicación esquemática de la ZCIT dentro de la circulación general de la atmósfera terrestre. ....	34
Gráfico 12.- Posición de la ZCIT durante el año.....	35

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1:- Variables Operacionales.....	22
Tabla 2.- Valores para el cálculo de la ETP (mm)-CO San Regís .....	27
Tabla 3.- Población del centro poblado de San Regís, Nauta, Loreto .....	28
Tabla 4.- Balance de Consumo de agua por familia (m3).....	30
Tabla 5.- Calculo del área de captación de agua de lluvia (m2) .....	30
Tabla 6. Presupuesto analítico de instalación del sistema de captación .....	32

## Resumen

El presente estudio analizó la alternativa de utilización del agua de lluvia para el consumo humano en el centro poblado la comunidad de San Regís, distrito de Nauta, provincia y departamento de Loreto, ubicada sobre el río Marañón, cercano a la línea ecuatorial, se determinó la oferta del sistema a través de la precipitación mensual. La demanda familiar se estimó en función del último censo poblacional del INEI con 211 familias. San Regis posee un régimen de precipitación unimodal con valores mínimas de 150 mm, con un alto potencial hídrico durante todo el año, El área efectiva de la quebrada es 32.56 Has, que proporciona potencial de agua atmosférica de más de 107 000 m<sup>3</sup>. La demanda poblacional de San Regis es de 3924.6 m<sup>3</sup>/mes como mínimo, lo que representa solo el 3% de lo que nos provee el sistema tierra atmosfera, lo que resulta sostenible. El diseño del sistema de captación de agua de lluvia contempla un techo metálico, cunetas, tuberías, sistema de cloración, bomba de ariete y un sistema de almacenamiento para su posterior distribución dentro de la vivienda. El costo unitario por familia es de S/. 13856.00 soles, muy por debajo del mercado privado.

**Palabras claves:** agua de lluvia, demanda de agua, oferta de agua, captación de lluvia, cosecha de lluvia.

## **Abstract**

The study analyzed the alternative of using rainwater for human consumption in San Regis community, Nauta district, province and department of Loreto, located on the Marañón river, near to the equator line. The demand was determined of system through monthly precipitation. Family demand was estimated based on the latest INEI population census with 211 families. San Regis has a unimodal rainfall regime with minimum values of 150 mm, with a high water potential throughout the year. The effective area of the stream is 32.56 Has, which provides atmospheric water potential of more than 107,000 m<sup>3</sup>. The population demand of San Regis is at least 3924.6 m<sup>3</sup>/month, which represents only 3% of what the earth-atmosphere system provides us, which is sustainable. The design of the rainwater harvesting system includes a metal roof, gutters, pipes, a chlorination system, a ram pump and a storage system for its subsequent distribution within the home. The unit cost per family is S/. 13856.00 soles, well below the private market.

**Key words:** rainwater, water demand, water supply, rain catchment, rain harvest

## **Capítulo I: Marco teórico**

### **1.1. Antecedentes del estudio.**

Torres (2019), realizó un estudio relacionado al aprovechamiento de agua en el pasado, el principal objetivo fue realizar una revisión bibliográfica sobre las tecnologías para el aprovechamiento del agua de lluvia que se han implementado en diferentes épocas y lugares del planeta. La necesidad de contar con este tipo de materiales en tiempos donde cada vez requieren del ahorro de los recursos es la principal motivación. Para una mayor comprensión se han fijado dos etapas: antes y después del siglo XX, así como las referencias sobre Cuba se han tratado separadas del resto del mundo. Se aprecia que el desarrollo tecnológico no solo se manifiesta en las técnicas disponibles, sino también en el uso que se le ha dado a este recurso, que como se verá, es cada vez mayor. Por tanto, constituye una recopilación actualizada sobre la temática en cuestión. (1)

López Hernández et al (2017), mencionan que los sistemas de captación del agua de lluvia constituyen una alternativa para reducir la explotación de los acuíferos. El objetivo de este trabajo fue diseñar tres sistemas, para destinar el agua a uso doméstico de un hogar de cuatro integrantes, a consumo humano en una institución educativa de mil personas y al riego de *Stevia rebaudiana* en un invernadero de media hectárea; y comparar, el costo de la captación del agua de lluvia con el de extracción del subsuelo. Los tres sistemas fueron propuestos para el municipio de Calpulalpan, Tlaxcala. El desarrollo del trabajo consistió en generar una metodología de diseño considerando la estimación de la precipitación con una probabilidad 75% de ocurrencia y el dimensionamiento del sistema de almacenamiento, empleando el método de balance de masas. Adicionalmente se comparó el costo por metro cúbico del agua de lluvia captada contra el agua subterránea. Los resultados sugieren que el agua lluvia puede ser económicamente más viable que la extracción del agua subterránea cuando la demanda es baja, además representa una contribución al desarrollo sostenible del municipio. (2)

Arroyave et al (2023), refuerza la idea que la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia son altamente rentables, menciona además, que existen tecnologías sostenibles que no solo procuran disminuir la contaminación, sino que tratan de prevenir las problemáticas ambientales; los principios fundamentales recomendados para los proyectos tecnológicos de aprovechamiento y depuración de agua se basan en la máxima reutilización de aguas limpias y semilimpas, reducción de caudales, separación inmediata de residuos donde se producen, sin incorporarlos a las corrientes de desagüe, para tratarlos separadamente. Dentro de sus objetivos se tuvo: Evaluar técnica y económicamente la captación de agua lluvia como fuente alternativa de recurso hídrico en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. Se recopiló información histórica de los consumos y demanda del agua en la Institución, se planteó la búsqueda de posibles fuentes alternativas de recurso hídrico para lo cual se cuantificó la cantidad de agua que potencialmente se puede captar por el sistema de aguas lluvias de la edificación para su posterior almacenamiento y distribución en la Institución. Por otro lado, se realizó un análisis y una proyección económica de la implementación de este tipo de fuente alternativa, para determinar la sostenibilidad económica, social y ambiental de la implementación del proyecto. Como resultado se tiene que, de acuerdo con el régimen de precipitación, la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia posee una capacidad potencial de captación de agua lluvia como fuente alternativa de agua para ser almacenada y distribuida, lo que conlleva a una reducción en la demanda y consumo de agua potable del acueducto de la Empresas Públicas de Medellín. Esto se traduce en una reducción de costos vía cuentas de servicios públicos para la institución, de aproximadamente \$768.250 mensuales, y una disminución en la demanda de bienes y servicios ambientales asociados al recurso hídrico de 384 m<sup>3</sup>. y por ultimo concluye que la implementación de proyectos de construcción sostenible en torno al recurso hídrico y al aprovechamiento de aguas lluvias como fuente alternativa del recurso puede ser viables económica, social y ambientalmente de acuerdo con el análisis que se realice del contexto en el cual se quiera implementar el proyecto. (3)

En Chile, investigadores realizaron un análisis en habitantes de las localidades del medio rural donde se enfrentan a serios problemas para abastecerse de agua de

buena calidad. La dispersión de las viviendas complica el suministro de agua entubada y, cuando esto se logra, la administración deficiente de la infraestructura impide que los usuarios cuenten con el servicio en sus hogares de forma constante. La topografía irregular es otro problema que dificulta la instalación de infraestructura para abastecer a todas las viviendas. Por ello, se deben buscar otras formas de suministro, como la captación de agua de lluvia. La calidad del agua de lluvia es aceptable para uso doméstico y agrícola, pero no para el consumo. El objetivo de esta investigación fue validar un prototipo de sistema de captación de agua de lluvia desarrollado en el Laboratorio de Tecnologías Hídricas Innovadoras de la Universidad Autónoma Chapingo. La validación estuvo enfocada en tres aspectos: el diseño del sistema, la utilización del ferrocemento como material de construcción de la cisterna y el esquema de trabajo coparticipativo entre la universidad y los usuarios. Los resultados mostraron que el diseño fue adecuado para proveer agua con dos propósitos: uso doméstico en el hogar y consumo humano. La utilización del ferrocemento funcionó de acuerdo con lo esperado en cuanto a resistencia del material y buen desempeño. El esquema de participación con trabajo al inicio provocó decepción en los usuarios, porque esperaban recibir el apoyo sin realizar ningún tipo de aportación. Al darse cuenta de que el trabajo implicaba capacitación, se generó expectativa y el esquema resultó exitoso. El beneficio inmediato y la participación directa en la construcción dieron como resultado la adopción rápida de la tecnología (4).

En Ecuador, realizaron una investigación cuyo objetivo fue determinar el impacto ambiental y social de la técnica ancestral de siembra de lluvia, mediante el análisis del sistema de recolecta pluvial Yanarumi, ubicado en el páramo de San Carlos, parroquia Valparaíso, cantón Guano, provincia de Chimborazo, Ecuador. El sistema Yanarumi, consiste en una excavación, sin recubrimiento, que recoge la precipitación por infiltración natural y la transporta hacia una vertiente antes de su uso; desde el año 2013, el sistema abastece de agua de riego a la población del sector. Para evaluar cualitativa y cuantitativamente el impacto ambiental, se utilizó la metodología de las matrices causa-efecto y de momento, y para evaluar el impacto social, la metodología del retorno social de la inversión, SROI. Los resultados obtenidos mostraron, impactos negativos en la etapa de construcción

del sistema, pero positivos en la etapa de operación; respecto al SROI, resultó en una relación positiva beneficio/costo de 4.26 USD. Estos hallazgos sugieren: (1) estos sistemas de recolección de agua son amigables con el ambiente y (2) la conveniencia de implementar sistemas ancestrales de aprovechamiento del agua en áreas con deficiencia de agua. (5)

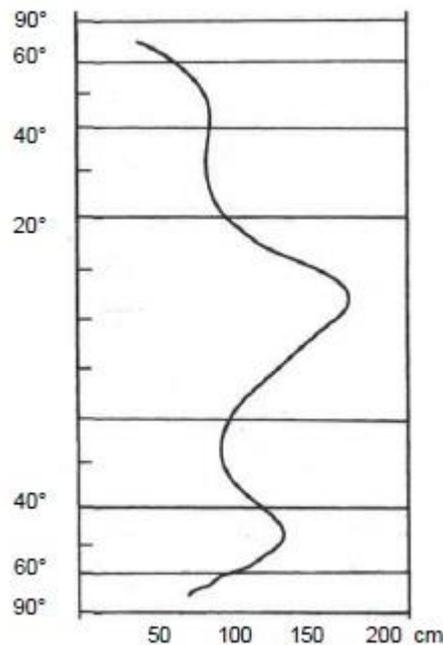
## **1.2. Bases teóricas.**

### **1.2.1 Circulación General de la Atmosfera**

Nuestro planeta y su atmósfera se calientan por el calor que reciben del Sol. El sistema irradia la misma cantidad de calor recibida, nuevamente hacia el espacio, de manera que en conjunto, se mantiene el equilibrio y la temperatura global no cambia. Pero este equilibrio de calor es válido para el planeta en conjunto y no para una determinada zona. La región ecuatorial recibe más calor del que desprende o pierde, mientras que las áreas polares irradian al espacio más calor del que reciben; sin embargo, ni los polos se vuelven más fríos ni las zonas ecuatoriales aumentan su calor, lo cual se debe a que el calor viaja a las regiones polares manteniéndose las temperaturas relativamente uniformes.

Este intercambio de calor se lleva a cabo por medio de los movimientos atmosféricos a escala planetaria y que se denominan la circulación general. De no existir esta circulación, en un mundo sin vientos, como señala el meteorólogo Wexler (1955), los trópicos se volverían intolerablemente calientes y el resto del planeta se tornaría muy helado, las ciudades se ahogarían en sus propias emanaciones tóxicas. Por otra parte, si cesara de pronto la fuente de energía que mueve a la atmósfera, los vientos desaparecerían en unos 12 días según estima el mencionado científico, ya que la pérdida de energía por fricción entre el viento y la superficie de la tierra es grande. El flujo de calor hacia los polos va en aumento del ecuador hasta alcanzar un máximo en la altitud de 35°; de esta latitud comienza a decrecer, ya que una cierta cantidad del calor importado se queda en cada faja de paralelos, ver figura 1.

Gráfico 1.- Flujo de Calor hacia los Polos (en %del máximo; Riehl, 1965)



Fuera de los trópicos, los sistemas de vientos de las grandes tormentas que se describen más adelante se encargan de realizar el intercambio de calor. Estas tormentas viajan de oeste a este y forman una cadena continua de centros de baja presión o ciclones que, por viajar fuera de los trópicos, se llaman extratropicales y cuyos vientos giran en el sentido contrario a las manecillas del reloj, alternadamente, seguidos de centros migratorios de alta presión (o anticiclones) donde la circulación de los vientos es en el sentido de las manecillas del reloj.

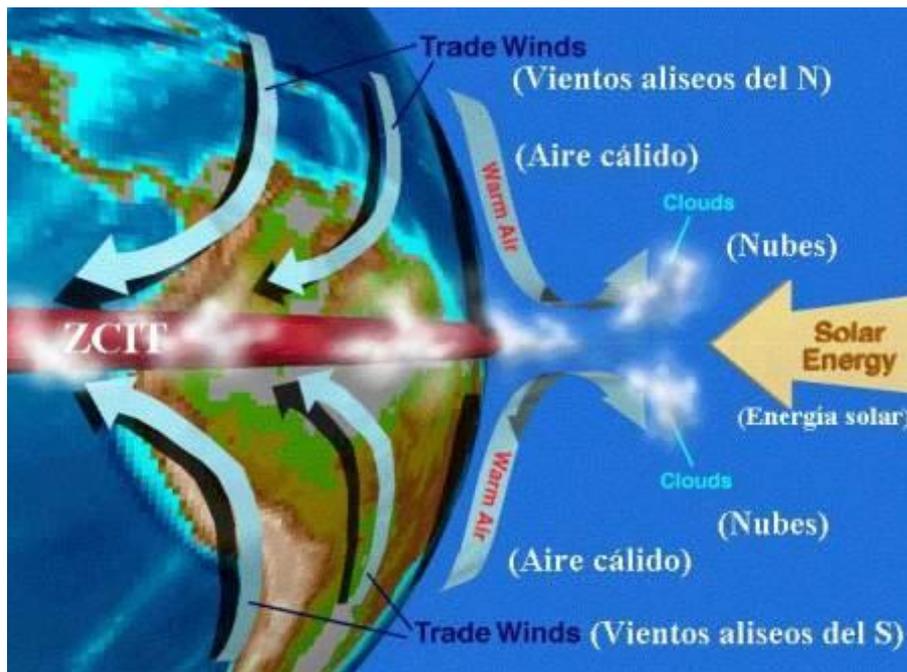
El número de estos ciclones migratorios alcanza un máximo cerca de la latitud de 45° durante el invierno, donde ocurren en promedio dos períodos de mal tiempo a la semana.

El calentamiento desigual del planeta origina los movimientos de sur a norte del aire cálido; pero debido a la rotación de la Tierra, el aire se deflexiona hacia la derecha en el Hemisferio Norte generándose el movimiento en la dirección Este-Oeste. En cambio, el aire que se desplaza hacia el ecuador al deflexionarse hacia la derecha debido a la fuerza defectiva o de Coriolis, se dirige hacia el Oeste. Conviene advertir que como esta fuerza aparente depende de la latitud, es máxima en los polos y nula en el ecuador según se observa de su expresión:  $f = \Omega 2v \sin \varnothing$  donde  $v$ - velocidad del viento,  $\Omega$  velocidad angular de la tierra,  $\varnothing$  latitud. En esta

forma se observan vientos del oeste en las latitudes medias (30° a 60°) y los vientos alisios en los trópicos.

El encuentro de las corrientes húmedas de los alisios de ambos hemisferios en la llamada "zona intertropical de convergencia" produce corrientes ascendentes que, al condensar su humedad, dan por resultado las precipitaciones más abundantes del planeta, según puede apreciarse en la figura 2. En esta figura se observa también un segundo cinturón de precipitación elevada en las latitudes donde viajan con más frecuencia los ciclones extratropicales (cerca de los 45°). Entre estos dos cinturones lluviosos se encuentra la región ocupada por las celdas semipermanentes de alta presión en los subtrópicos. Aquí el aire en vez de ascender pierde altura y se calienta adiabáticamente por lo que la nubosidad y la precipitación son muy escasas.

Gráfico 2.- Proceso de formación de la ZCIT y las lluvias



Fuente: NASA

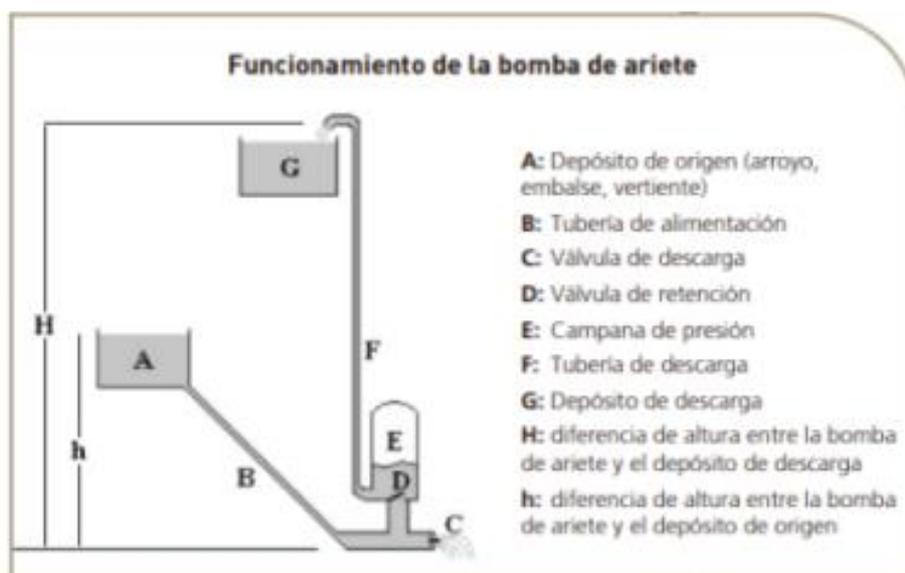
### 1.2.2 Bomba de ariete

Una bomba de ariete es una bomba hidráulica cíclica que utiliza la energía cinética de un golpe de ariete en un fluido para subir una parte de ese fluido a un nivel superior. No necesita por lo tanto aporte de otra energía exterior.

La bomba de ariete es un componente fundamental en la instalación, siendo sus elementos más importantes el cuerpo del ariete, las válvulas de impulso y de descarga y la cámara de aire; todo ello ensamblado mediante uniones roscadas.

La bomba de ariete conecta la tubería de alimentación con la tubería de descarga además de ser es el principal responsable del bombeo de agua y causante del golpe de ariete, donde se produce la inversión y propagación de la onda de presión, siendo preferible que el material de los elementos que lo componen sea de hierro galvanizado. (6)

Gráfico 3.- proceso de funcionamiento de la bomba de ariete



Fuente: Elaboración propia

Una **bomba de ariete** es una bomba hidráulica, que funciona por ciclos utilizando la energía cinética. **Se usa para bombear agua de un río a una cota superior.**

Se deriva un caudal de agua de la corriente del río mediante una manguera que mantiene cota paralela al río, descargando en un depósito atmosférico.

De dicho depósito sale una tubería rígida hacia la bomba situada unos metros más abajo en el río. **La energía potencial del agua en el depósito se transforma en energía cinética en la bomba**, que gracias a un sistema pendular de golpe de ariete consigue impulsar parte del agua a una cota superior en un punto de descarga. Solo una parte del fluido es bombeado, el resto se devuelve al suelo o al río. El porcentaje de agua que se bombea respecto al total del agua depende de la altura relativa entre el depósito, la bomba y el punto de descarga.

Este tipo de bomba proporciona una manera sencilla para subir fluidos sin necesidad de otro tipo de energías, siendo adecuada para lugares en los que no hay acceso a algún tipo de motor o a la energía eléctrica en sí. Otro uso de este tipo de bombas es en arroyos, para elevar el agua, o en el riego por aspersión.

### **Principales componentes**

La creación de una bomba de ariete es bastante sencilla en comparación a otros tipos, y además resulta muy eficiente energéticamente. Se compone, por tanto, de los siguientes elementos:

- **Válvula de choque:** este elemento es el que permite generar golpes de ariete en el momento de cerrarse.
- **Canalización motriz (o tubo de batería):** es la pieza que conecta la bomba y el depósito.
- **Cuerpo:** recibe el fluido mediante el tubo de batería y lo transmite a la válvula de choque y a la de descarga. Es en esta pieza donde ocurre el golpe de ariete, por lo que el material con el que esté construido debe ser resistente.
- **Válvula de descarga:** puede estar abierta o cerrada en función de la fase en la que esté.
- **Depósito neumático:** también denominada cámara de aire es esencial para el correcto funcionamiento de la bomba, ya que evita que explote por los golpes de ariete.
- **Respiradero:** se encuentra debajo de la válvula de descarga, pero sólo se instala en las bombas de ariete más avanzadas para evitar tener que purgar el depósito.

- **Válvula de retención:** permite que el agua no llegue al depósito en casa de que se pare la bomba.
- **Tubo de descarga:** se conecta con el depósito neumático y el que se encuentra a mayor altura.

El **funcionamiento de una bomba de ariete** es bastante sencillo.

1. El agua pasa por un conducto a una velocidad determinada que consigue que se cierre una de las válvulas
2. Al cerrarse la válvula, el fluido se detiene de golpe.
3. La fuerza del fluido deteniéndose hace que se abra la segunda válvula y que el fluido pase a un depósito hasta equilibrar las presiones.
4. Posteriormente, vuelve a abrirse la primera válvula y se vuelve a repetir el ciclo de nuevo. (7)

### **1.3. Definición de términos básicos.**

**Agua de lluvia:** Precipitación de gotas de agua líquida de diámetro mayor de 0.05 mm, o bien más pequeñas, pero muy dispersas. Se denomina así al agua de lluvia y a sus variantes, como la nieve y el granizo.

**Captación del agua de lluvia:** Es el aprovechamiento del agua de lluvia a una pequeña escala que por lo general es artificial (uso de bordos, surcos, canales o la impermeabilización de superficies para inducir el escurrimiento hacia el área deseada previamente acondicionada).

**Superficie de captación:** Superficie en la cual se recoge agua de lluvia para ser utilizada en un sistema de reutilización de agua.

**Captación:** Superficie destinada a la recolección del agua de lluvia para in fin beneficioso.

**Canaletas:** Conductos de diferente forma (rectangulares, trapezoidal, circulares) que se utilizan para coleccionar y conducir el agua de lluvia proveniente de un área de captación.

**Almacenamiento:** Depósito destinado a la acumulación, conservación y abastecimiento del agua de lluvia con fines domésticos.

**Tuberías:** Conducto formados por tubos para los pasos de líquidos o gases.

## **Capítulo II: Planteamiento del problema.**

### **2.1. Descripción del problema.**

La situación de los habitantes de la región andino-amazónica es alarmante. El 61% de ellos equivalente a 4.2 millones de personas, no cuenta con servicios de agua potable, y el 70% no dispone de servicios de alcantarillado. Este problema se ha agravado más en estos tiempos debido a la preocupante baja de los niveles de agua del río Amazonas y sus más importantes afluentes, los más bajos de los últimos 35 años, lo cual dificulta, el ya incipiente abastecimiento de agua a las poblaciones. Esta deficiencia de prestación de servicios en gran parte de la Amazonía, repercute en la calidad de vida de la población y en la sostenibilidad del medio ambiente, y produce graves problemas de salud y considerables pérdidas económicas en la región. (8)

### **2.2. Formulación del problema.**

#### **2.2.1. Problema general.**

Carencia de un aprovechamiento técnico del agua de lluvia para uso poblacional en la selva amazónica

#### **2.2.2. Problemas específicos.**

- No se tiene cuantificado la oferta hídrica para uso poblacional proveniente de las precipitaciones en la cuenca del río Marañón, centro poblado San Regis, distrito de Nauta, provincia de Loreto.
- Existe poca información sobre la demanda de consumo de agua para uso poblacional de las poblaciones de la Amazonía Peruana.
- Existe poca información sobre la compatibilización de las ofertas y demandas de agua para uso poblacional en el centro poblado San Regis, distrito de Nauta, provincia de Loreto.

## **2.3. Objetivos.**

### **2.3.1. Objetivo general.**

Aprovechar técnicamente el agua de lluvia para uso poblacional en la selva amazónica

### **2.3.2. Objetivos específicos.**

- Estimar la oferta hídrica proveniente de las precipitaciones en la cuenca del río Marañón, centro poblado San Regis, distrito de Nauta, provincia de Loreto.
- Determinar la demanda de consumo de agua para uso poblacional de una vivienda típica de la Amazonía.
- Compatibilizar las ofertas y demandas de agua para uso poblacional en el centro poblado San Regis, distrito de Nauta, provincia de Loreto.
- Diseñar el sistema de captación de agua de lluvia para uso poblacional de una vivienda típica de la Amazonía.

## **2.4. Hipótesis.**

Si podemos aprovechar el agua de lluvia para consumo humano, entonces, se podrá disminuir la brecha de distribución de agua poblacional, disminuir los problemas de salud pública en la región Loreto.

## **2.5. Variables:**

### **2.5.1. Identificación de las variables.**

#### **Independiente**

Agua de lluvia totalizada en la semana.

#### **Dependiente**

Diseño del sistema de captación de agua de lluvia unifamiliar

### **2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables.**

**Tabla 1:- Variables Operacionales**

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Unidad de Medida
Agua de lluvia	Precipitación de partículas de agua líquida en forma de gotas de diámetro superior a 0,5 mm, o de gotas más pequeñas y muy dispersas. (9)	Agua que puede ser aprovechada en lugares donde hay escasez del recurso hídrico.	Cantidad de lluvia. Consumo familiar de agua	Milímetros M <sup>3</sup> /s
Diseño	Actividad creativa que tiene por fin proyectar objetos que sean útiles y estéticos. Proyecto, plan que configura algo. <i>Diseño urbanístico</i> . (10)	Características técnicas mínimas que deben tener el sistema de captación de agua	Medidas de almacenamiento	metros

## **Capítulo III: Metodología**

### **3.1 Tipo y diseño de investigación.**

De acuerdo al trabajo de investigación esta es de tipo descriptiva, ya que analizaremos todos los hechos tal cual se presentan en la realidad. No se realizará ninguna intervención. Así mismo el diseño de la investigación es No experimental, porque no se realizará intervención en ninguna de las variables.

### **3.2 Población y muestra**

#### **3.2.1 Población**

Para este estudio la población estará constituida por las viviendas ubicadas en la cuenca del bajo Marañón.

#### **3.2.2 Muestra**

En el trabajo la muestra estará representada por la vivienda del sector urbano de la comunidad de San Regís, distrito de Nauta, provincia de Loreto.

### **3.3 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos**

#### **3.3.1 Técnica de recolección de datos**

Para la técnica de recolección de datos se emplearán fuentes secundarias con la revisión de documentos,

Fuentes primarias: información proveniente de instituciones como INEI, SENAMHI, SUNASS y el SEHINAV, tesis y artículos científicos.

#### **3.3.2 Instrumentos de Recolección de Datos**

El instrumento que se empleará para la recolección de datos será las fichas donde se volcará los datos recogidos del SENAMHI, INEI y SUNASS, en especial, la cantidad de habitantes, precipitación y el consumo de agua de la población del departamento de Loreto.

#### **3.3.3 Procedimiento de recolección de datos**

Como procedimiento se trabajará, la información estadística por semana, es decir, se inicia los domingos y se termina un sábado.

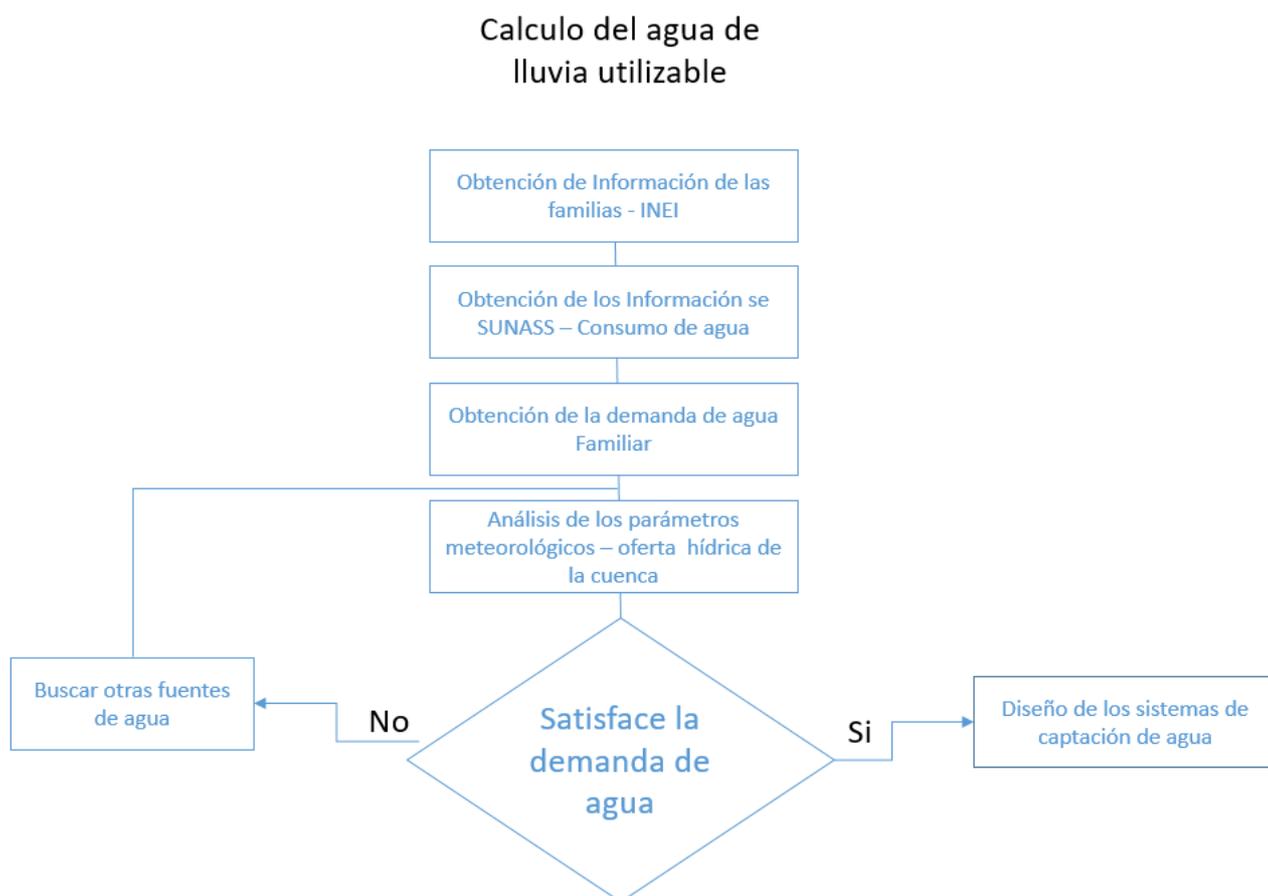
### 3.4 Procesamiento y análisis de datos.

Para la recolección de datos bibliográficos, se visitaron instituciones científicas como el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, del cual se extrajeron los datos de precipitación diaria por un periodo no menor a 20 años.

Se realizar una estadística descriptiva de la data de precipitación diaria, en especial, promedios, desviación estándar, periodos de sequias, entre los principales, para ello se utilizará software como el SPSS versión 20.

El procesamiento se realizará de la siguiente manera:

Gráfico 4:- Esquema para el cálculo del agua utilizable



Fuente: Elaboración propia

El procesamiento de los datos se puede realizar en forma manual y computarizada sobre el plan de tabulación.

## Capítulo IV. Resultados

### Descripción de la zona de estudio

La zona de estudio se ubica en el centro poblado San Regis, distrito de Nauta, provincia y departamento de Loreto.

Geográficamente ubicado en

Latitud: 04°30'47" S

Longitud: 73°54'21" O

Gráfico 5.- Ubicación de la zona de estudio



Fuente: Imágenes Google Earth

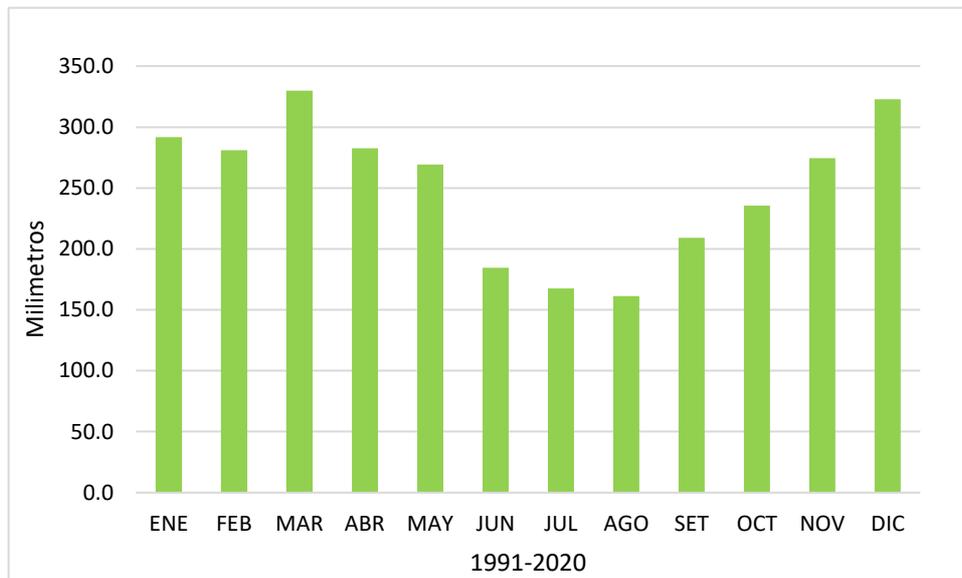
### 4.1 Oferta del recurso hídrico

#### 4.1.1 Análisis de las variables meteorológicas

Para el análisis de las variables meteorológicas se trabajó con los datos provenientes de la estación CO-San Regis, ubicada en el distrito de Nauta, provincia de Loreto, departamento de Loreto. Dicha estación pertenece a la red de estaciones del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

## a) Precipitación

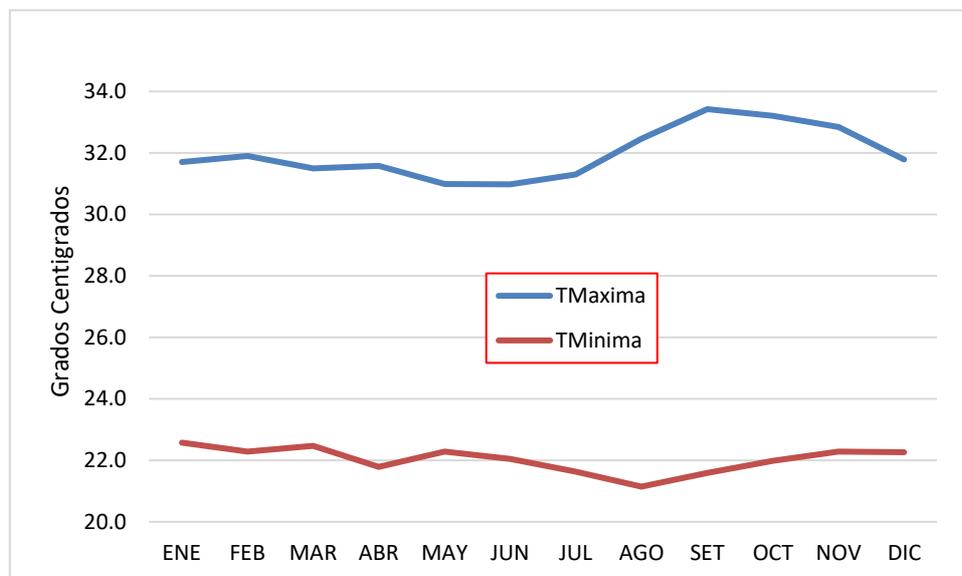
Gráfico 6. Variación Mensual de la Precipitación



Fuente: SENAMHI

## b) Temperatura del aire

Gráfico 7. Variación Mensual de las Temperaturas, estación CO-San Regís

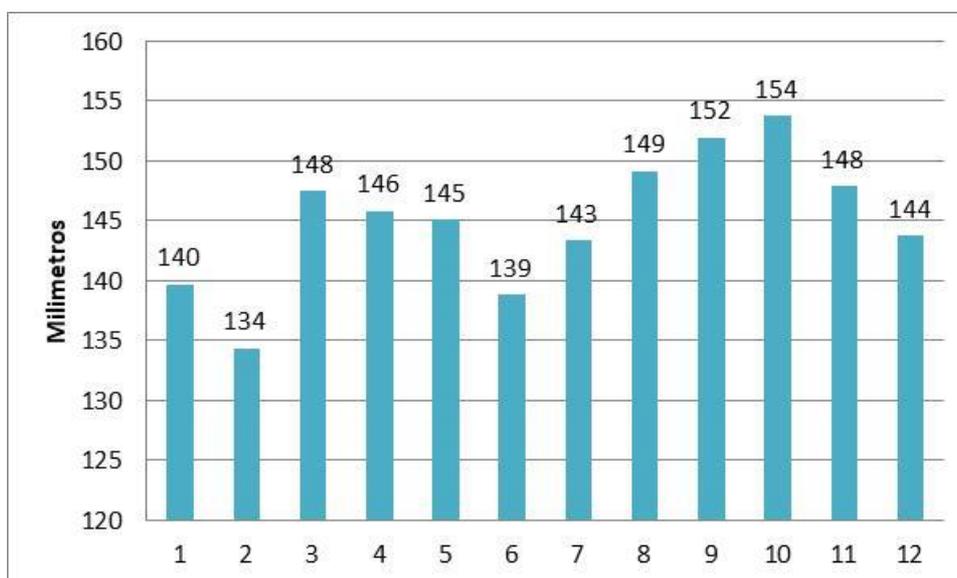


Fuente: SENAMHI

### c) Evapotranspiración Potencial (ETP)

Fue calculada por el método de Thornwhaite, con los datos provenientes del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI.

Gráfico 8.- Variación Mensual de la ETP-estación CO San Regís



Fuente: SENAMHI

Tabla 2.- Valores para el cálculo de la ETP (mm)-CO San Regís

Mes	Tmedia (°C)	días	Declinación (°)	Fotoperiodo (horas)	ETP (mm)
ENERO	27.0	31	-21.79	12.2	140
FEBRERO	27.2	28	-14.67	12.1	134
MARZO	27.1	31	-3.72	12.0	148
ABRIL	27.2	30	8.20	11.8	146
MAYO	26.9	31	17.98	11.7	145
JUNIO	26.8	30	23.07	11.7	139
JULIO	26.7	31	22.14	11.7	143
AGOSTO	27.1	31	15.44	11.8	149
SETIEMBRE	27.5	30	4.71	11.9	152
OCTUBRE	27.4	31	-7.25	12.0	154
NOVIEMBRE	27.4	30	-17.31	12.1	148
DICIEMBRE	27.0	31	-22.87	12.2	144

Fuente: SENAMHI

## 4.2 Demanda poblacional del recurso hídrico

### 4.2.1 Población del centro poblado San Regís

El censo del 2017, nos proporciona la cantidad de población total del centro poblado San Regís, el cual es de 211 viviendas, con una población total de 852 personas.

Distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 3.- Población del centro poblado de San Regís, Nauta, Loreto

CÓDIGO	CENTROS POBLADOS	REGIÓN NATURAL (según piso altitudinal)	ALTITUD (msnm)	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
				Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas 1/	Desocupadas
1603	PROVINCIA LORETO			62 437	31 850	30 587	15 322	14 628	694
160301	DISTRITO NAUTA			29 963	14 948	15 015	7 782	7 223	559
0001	NAUTA	Omagua	127	19 551	9 592	9 959	5 013	4 630	383
0002	GRAU	Omagua	97	335	165	170	98	78	20
0003	SAN REGIS	Omagua	109	852	413	439	211	205	6
0004	SAN JOAQUIN DE OMAGUAS	Omagua	133	478	246	232	153	138	15
0005	BUENA UNION	Omagua	114	164	88	76	42	37	5
0006	1 DE MAYO	Omagua	117	70	35	35	25	23	2

Fuente: INEI

### 4.2.2 Consumo de agua potable

$$C_f = C_{per} \times N$$

Donde:

$C_f$  = Consumo de agua mensual x familia (litros/mes)

$C_{per}$  = Consumo de agua por persona (litros/día)

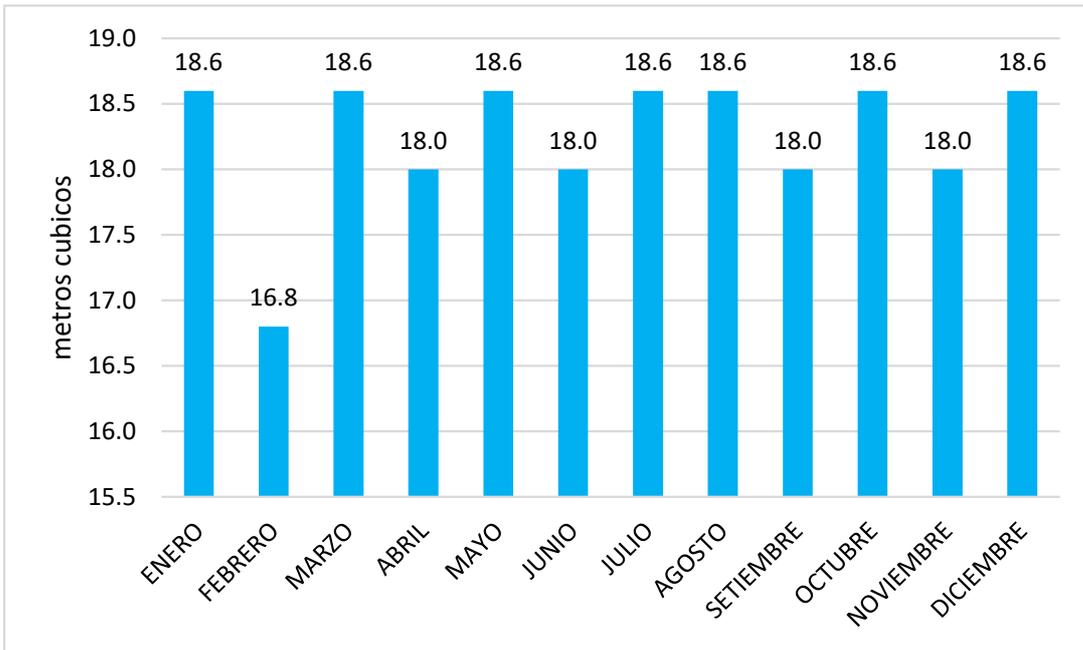
$N$  = Numero de integrantes de una familia

$C_{per}$  = 120 litros/día

$N$  = 4.15 equivalente a 5 personas

$C_f$  = 600 litros/día = 18000 litros/mes = 18 m<sup>3</sup>/mes

Gráfico 9.- Demanda de agua familiar anual (m3)



Fuente: SENAMHI

### 4.2.3 Balance del consumo poblacional

Tabla 4.- Balance de Consumo de agua por familia (m3)

VARIABLE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
NUMERO DE PERSONAS	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
CONSUMO DIARIO	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
DIAS DEL MES	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
CONSUMO MES. (lit/mes)	18600	16800	18600	18000	18600	18000	18600	18600	18000	18600	18000	18600
CONSUMO MES. (m3/mes)	18.6	16.8	18.6	18.0	18.6	18.0	18.6	18.6	18.0	18.6	18.0	18.6

Fuente: Elaboración propia

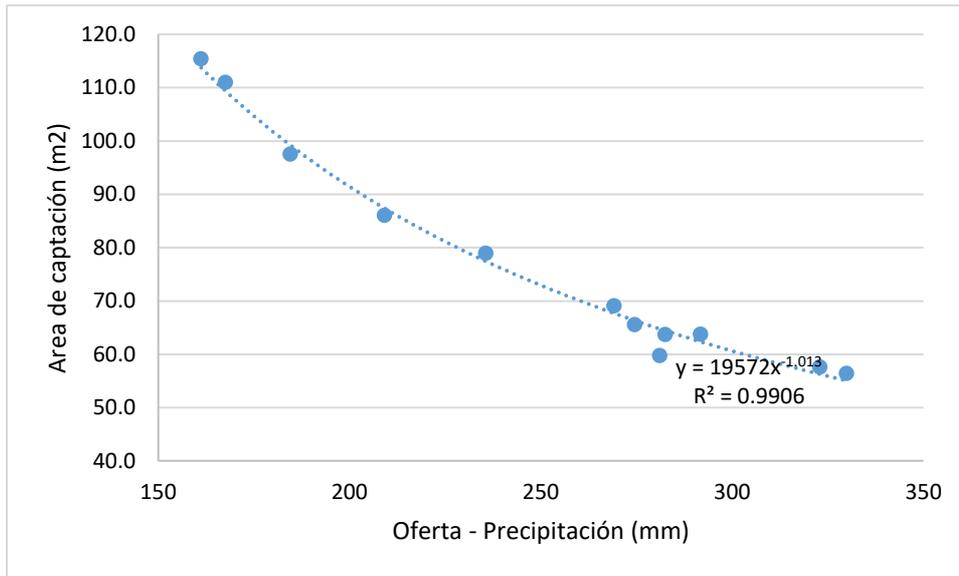
### 4.2.4 diseño del área de captación de agua potable

Tabla 5.- Calculo del área de captación de agua de lluvia (m2)

VARIABLE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
PRECIPITACION (mm)	292	281	330	283	269	185	168	161	209	236	275	323
CONSUMO MES. (m3/mes)	18.60	16.80	18.60	18.00	18.60	18.00	18.60	18.60	18.00	18.60	18.00	18.60
PRECIPITACION (m3/m2)	0.292	0.281	0.330	0.283	0.269	0.185	0.168	0.161	0.209	0.236	0.275	0.323
AREA MINIMA DE CAPTACION (m2)	63.8	59.8	56.4	63.7	69.1	97.5	111.0	115.4	86.1	78.9	65.6	57.6

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10. Relación Oferta del Sistema Vs Área captación



Fuente: Elaboración propia

## 4.2.3 Estructura de Costos - sistema de captación de agua potable

Tabla 6.- Presupuesto analítico de instalación del sistema de captación

Detalle	unidad	cantidad	costo	total
<b>1. MATERIALES</b>				11133.83
Clavo para calamina	Kg	10	12	120.00
canaleta de zinc para agua de lluvia 4"	Ml	13	42	532.00
abrazaderas	Unidad	25	18	456.00
conectores 4" (embudo simple)	Unidad	4	35	140.00
tubo PVC de 4"x 3 m	Unidad	9.4	28	263.33
Codos de 4" x100 mm	Unidad	6	10	60.00
Pegamento PVC	unidad	10	15	150.00
Tapa universal de 4" x 100 mm	Unidad	4	6	24.00
Union de canaletas de 4" x 100 mm	Unidad	6	17	102.00
Techo Aluzinc 3.66 m x 1.10 m 0.23	Unidad	19	110	2126.67
Calamina zinc 1.8 m x 0.80 m x 0.25	Unidad	0	19	0.00
Hoja de sierra	Unidad	5	11	55.00
Cemento portlan tipo 1	Bolsa	9.73	31	301.63
Arena gruesa	m3	0.52	30	15.60
Piedra Chancada o grava	m3	0.52	30	15.60
Tubo de 1/2" pvc	unidad	10	15	150.00
Caja de paso de desagüe	unidad	2	25	50.00
llaves de paso de agua	unidad	6	8	48.00
Valvula check 1/2"	unidad	2	12	24.00
Tanque de agua Rotoplas de 1100 lts	Unidad	3	750	2250
Purificador de agua - filtro de carbono	Unidad	4	550	2200
Lavadero de fibra de vidrio	Unidad	2	350	700
Bomba de ariete	Unidad	1	1350	1350
<b>2. MANO DE OBRA (Columna)</b>				2643.68
Capataz	H-h	0.2	16.80	3.36
Operario	H-h	1.6	16.80	26.88
Oficial	H-h	1.6	14.17	22.67
Peón	H-h	8.4	12.72	106.85
Ingeniero	H-h	24	33.33	799.92
Tecnico gasfitero	H-h	40	16.66	666.40
Peón (02)	H-h	80	12.72	1017.60
<b>3. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>				79.31
Desgaste de herramientas (3% MO)	H-m	1	79.31	79.31
<b>TOTAL S/.</b>				<b>13856.82</b>

Fuente: Elaboración propia

## **Capítulo V. Discusión**

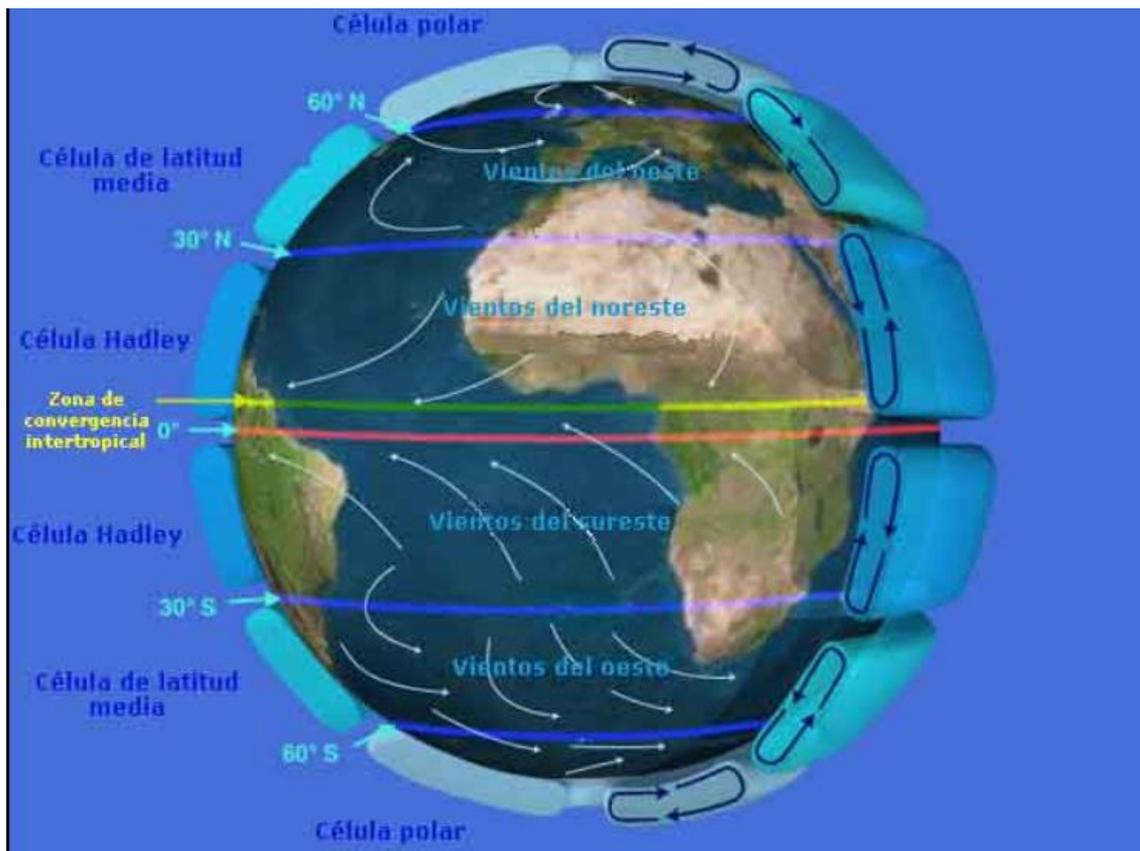
### **5.1 Discusión**

Se ha calculado la oferta de agua en el sector de estudio, para ello se ha utilizado la información pluviométrica del SENAMHI, de la estación CO-San Regis, ubicada en la margen izquierda del río Marañón, a aproximadamente 75 Km aguas arriba de la ciudad de Nauta. La latitud 3°S indica que estamos solo a 330 Km aproximadamente de la línea ecuatorial (11). La zona de convergencia intertropical conocida como ZCIT y definida como una estrecha banda zonal de vigorosa convección, que se manifiesta por el desarrollo de cúmulos. Ampliamente confirmado por uso de imágenes de satélite y señala la convergencia entre el aire de los hemisferios norte y sur (12).

Asimismo, el IDEAM describe que la precipitación es un hidrometeoro consistente en la caída de un conjunto de partículas. Las formas de precipitación son: lluvia, llovizna, nieve, nieve granulada, polvo diamante, granizo y gránulos de hielo. La precipitación es la caída de partículas de agua líquida o sólida que se originan en una nube, atraviesan la atmósfera y llegan al suelo. La cantidad de precipitación es el volumen de agua lluvia que pasa a través de una superficie en un tiempo determinado (13), es decir, hay agua en la atmosfera en forma líquida que puede ser aprovechada por la población, sin embargo, tiene que tener una calidad óptima para el uso poblacional. Asimismo, es necesario conocer que la zona de convergencia intertropical (ZCIT o ZCI) es la región del globo terrestre donde convergen los vientos alisios del hemisferio norte con los del hemisferio sur. A esta región también se la conoce como frente intertropical o zona de convergencia ecuatorial. Se caracteriza por ser una franja o cinturón de baja presión constituido por corrientes de aire ascendente, donde convergen grandes masas de aire cálido y húmedo provenientes del norte y del sur de la zona intertropical. A su vez, esta zona de convergencia intertropical, caracterizada por el ascenso de masas de aire que vienen de ambos hemisferios cuando llegan al ecuador terrestre, se van separando cuando llegan a cierta altura dando origen así a una divergencia en altura que hace regresar a la masa de aire que ascendió a su respectivo hemisferio. Así, solamente las masas de aire a baja altura pueden cruzar el ecuador en ciertas ocasiones, mientras que las que alcanzan mayor altura nunca llegan a cruzar el ecuador. En otras

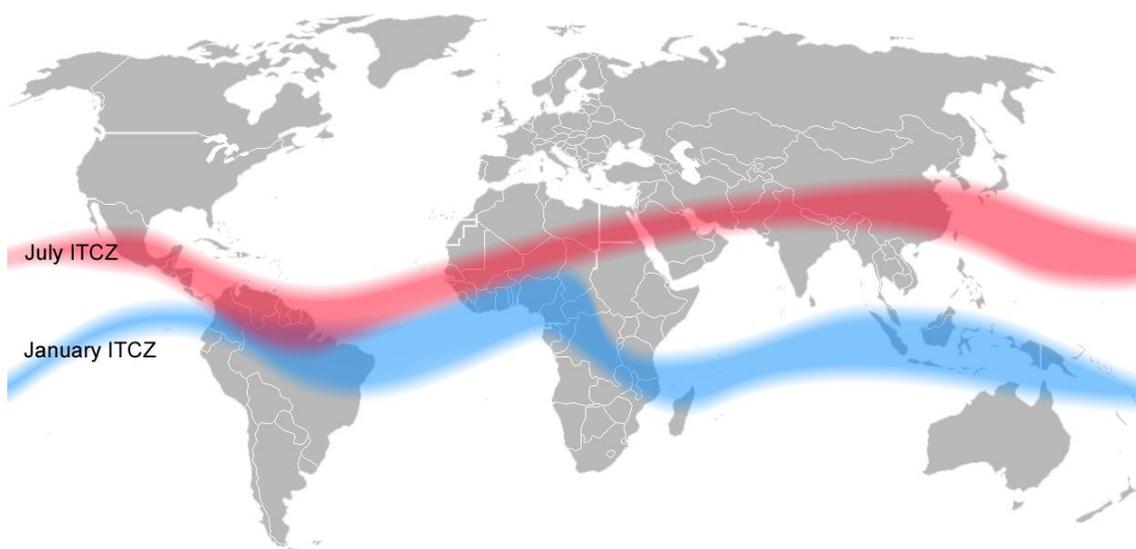
palabras, la convergencia da origen a la convección que puede dar origen a grandes formaciones nubosas, tormentas y hasta huracanes; pero al llegar a su máxima altura, comienzan a descender, desviándose hacia su respectivo hemisferio, es decir, desviándose a la derecha en el hemisferio norte y a la izquierda en el hemisferio sur.

Gráfico 11. Ubicación esquemática de la ZCIT dentro de la circulación general de la atmósfera terrestre.



Fuente: NASA

Gráfico 12.- Posición de la ZCIT durante el año



Fuente: NASA, De Mats Halldin - Own work.

Para nuestro país, debido a esta ZCIT tenemos lluvias durante todo el año, ver gráfico 3, a pesar que tiene un desplazamiento al norte en los meses de Julio a octubre y posteriormente al sur en los meses de enero a abril, ver gráfico 9, por lo cual desde la atmosfera no hay deficiencias en cuanto a la oferta, las precipitaciones mensuales fluctúan entre los 150 a 300 mm mensuales, siendo el mes más crítico, agosto con 163 mm. Se considera que la cuenca del río marañón tiene un régimen unimodal con los mayores valores en los meses de diciembre a mayo llegando a 300 mm.

En cuanto a la demanda de agua por familia, la bibliografía difiere mucho, Sedapal asegura que el peruano promedio **consume un máximo de 163 litros de agua por día**, pese a que la Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que una persona tiene que consumir 100 litros diarios (14). Mientras que otras ONG's indican que una persona consume una media de 136 litros por día (15). De acuerdo con la OMS, son necesarios entre 50 y 100 litros de agua por persona por día para garantizar que se cubran las necesidades más básicas. En tiempo de crisis o emergencia, deben garantizarse por lo menos 15 litros de agua al día por persona (16). En vista de ello, se ha considerado como promedio de 120 litros/día por habitante, y en función a los datos de la población del sector de San Regis del INEI donde en promedio la familia tiene alrededor de 5 personas,

hacen un total de 600 litros/día/habitante. A nivel mensual, la demanda del recurso hídrico es de 16.8 m<sup>3</sup> a 18.6 m<sup>3</sup>, dependiendo de los días del mes. Estos datos, son los más bajos estimados, si comparamos, con los resultados de las medidas de eficiencia del Gobierno Peruano (17), a través de emitidas de un estudio de evaluación del consumo de agua potable desarrollada por el MINAM en el 2008, en catorce entidades del sector público determinó un consumo promedio de 29.97 m<sup>3</sup>/año/trabajador, donde el consumo mínimo promedio fue registrado en el Ministerio de Economía y Finanzas con 12.8 m<sup>3</sup>/año/trabajador y el máximo fue para el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones con 69.80 m<sup>3</sup>/año/trabajador (18).

En base a eso se ha calculado el balance, es decir:

$$\text{Balance del Sistema} = \text{Entradas} - \text{Salidas}$$

Como entrada fue considerada la precipitación y las salidas fue considerada la demanda familiar, si es cubierta se procede a determinar el área mínima que se necesita por familia. Para ello, se ha estimado el área de captación mínima, mediante la siguiente formula:

$$\text{Área captación mínima (m}^2\text{)} = \text{Demanda (m}^3\text{)}/\text{Precipitación (m)}$$

Tomando en consideración el mes de menor cantidad de lluvia, que vendría a ser el mes más crítico del año para aprovisionar agua, la tabla 5, nos presenta las diferentes áreas de captación para los meses del año. Con los mismos datos, se ha construido la ecuación de oferta del sistema vs área de captación, mientras exista mayor intensidad de precipitación, menos será el área que se necesita para captar agua de lluvia. Ver gráfico 7.

En cuanto a los costos estimados, solo para la captación de agua se requiere como mínimo S/. 13856.82 soles por unidad, ver tabla 6, muy por el contrario, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento a través del Programa Nacional de Saneamiento Rural (PNSR) destinó una inversión de más de 3 millones para implementar esta innovadora tecnología en el centro poblado Buen

Pastor, con la construcción de 28 unidades básicas de saneamiento (UBS), conformadas por inodoro, ducha, lavamanos y lavadero multiusos. Estas serán abastecidas con el agua de lluvia previamente tratada. Lo que sale a un costo unitario de S/. 107,142.00 soles (19)

El estudio realizado evaluó que el agua captada de la atmosfera a través de la lluvia es ligeramente acida, con un pH de 6.3, por lo que, es necesaria la implementación de un sistema de purificación de agua para la zona, que no es materia de la presente investigación. Pero en algunos países, se han utilizado las pastillas de cloración. El uso de **pastillas de cloro** para la potabilización del agua es una técnica muy utilizada desde hace mucho tiempo, puesto que se ha demostrado que es un elemento que elimina las bacterias y los microorganismos que pueden ser causantes de enfermedades en las personas, además es un método muy económico que puede usar cualquier persona sin necesidad de capacitación especial. Se utiliza pastillas de 20 g por cada 1000 litros de agua, con una frecuencia de cada 4 días, o alternativamente, una pastilla de 200 gramos colocada en una boya flotante que dura aproximadamente 1 mes.

RELACION DE EQUIPOS NECESARIOS PARA EL SISTEMA DE PURIFICACION DE AGUA POTABLE



Purificador de aire para lavadero



Lavadero y bomba de ariete

## Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones

### 6.1 Conclusiones

Se logró determinar la oferta hídrica de la zona de estudio con un volumen potencial de agua atmosférica de más de 107 000 m<sup>3</sup> en el mes de mayor cantidad de lluvia.

La demanda de agua en el centro poblado San Regis, para las 211 familias, es de 3924.6 m<sup>3</sup>/mes como mínimo.

Desde el punto de vista ambiental, existe oferta que cubre grandemente la demanda del sector de estudio.

El diseño del sistema de captación de agua de lluvia de una vivienda típica de la Amazonía, consta de un techo metálico, dirigido a un sistema de tuberías que llega a una bomba de ariete y conectada a un sistema de cloración.

Para elevar el agua hacia los tanques de almacenamiento, la mejor propuesta es la implementación de una **bomba de ariete** o bomba hidráulica.

## **6.2 Recomendaciones**

El presente estudio solo se enfocó al aprovechamiento del volumen de agua para la población, se sugiere complementar estudios e investigaciones para evaluar la calidad a detalle para consumo humano, es decir, disminuir el grado de acidez del agua de lluvia.

Se sugiere realizar un estudio socioeconómico de la posibilidad de implementación del sistema de captación de agua de lluvia para la población amazónica, esto dará la viabilidad social para la masificación del diseño.

La aplicación de este sistema pueda complementar a mejorar la salud de la población ribereña, a través del estudio nos indica que existe un fuerte potencial hídrico en la atmosfera para ser aprovechado. Se recomienda promocionar, fomentar e incentivar a la utilización técnica del aprovechamiento del agua de lluvia para consumo humano, previamente clorificado.

## Referencias Bibliográficas

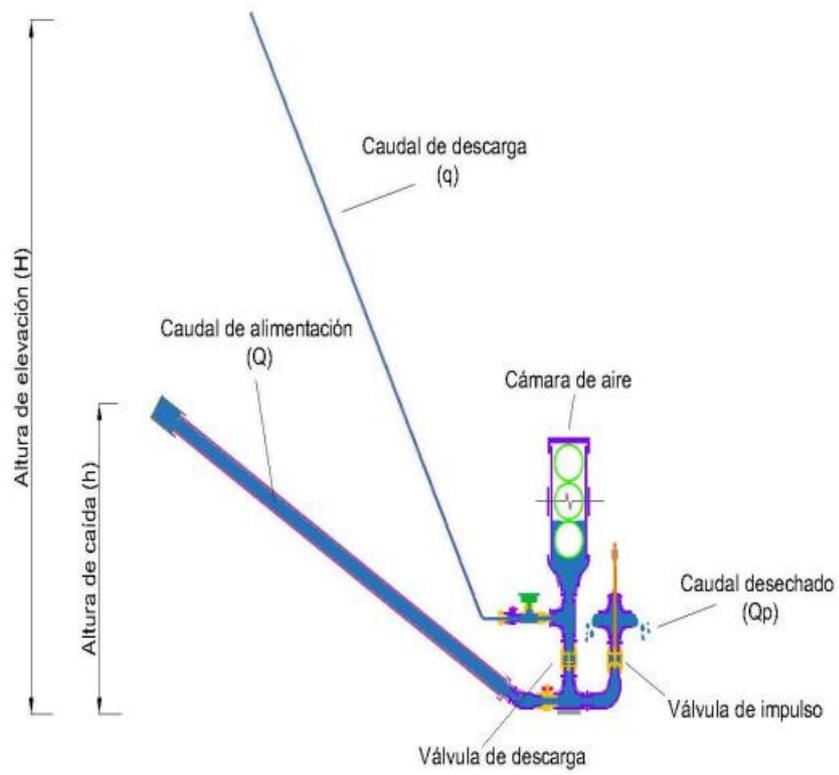
1. *La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente.* **Torres Hugues, Ronnie.** 2, 2019, Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Vol. 40, págs. 125-139.
2. *Diseño de Sistemas de Captación del Agua de Lluvia alternativa al abastecimiento hídrico.* **Lopez Hernandez, Nuria Aide, y otros.** 6, 2023, REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS, Vol. 8, págs. 1433-1439.
3. *Evaluación Económica de la Captación de Agua de agua de Lluvia como fuente alternativa de Recurso Hídrico en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquía.* **Arroyave Rojas, Joan Amir, y otros.** 1, 2023, PRODUCCION + LIMPIA, Vol. 6, págs. 76-84.
4. *Validación de un prototipo de sistema captación de agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano.* **Avelar Roblero, Juan Uriel, y otros.** 1, Santiago : s.n., 2019, IDESIA, Vol. 37, págs. 53-59.
5. *Evaluación del Impacto Socio Ambiental del Reservorio de Siembra pluvial Yanarumi, Canto Guano.* **Calahorrano, Julia, Pérez, Ericka y Yuquilema, Gabriela.** 2, Chimborazo, Ecuador : s.n., 01 de 12 de 2021, NOVASINERGIA, Vol. 4, págs. 127-139.  
<https://doi.org/10.37135/ns.01.08.08>.
6. **ALICARESP.** INGENIERIA. *CONCEPTOS BÁSICOS DE BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO.* [En línea] 2023. [Citado el: 15 de 08 de 2023.] <http://alicaresp.com/2019/02/21/conceptos-basicos-de-bomba-de-ariete-hidraulico/>.
7. **FLUIDECO.** FLUID ENGINNERING COMPANY. [En línea] 2022.
8. **COMUNIDAD ANDINA.** taller “Hacia una gestión responsable del agua y saneamiento”. *Cuatro millones de habitantes de la selva andino-amazónica carecen de agua potable.* Iquitos, Loreto, Perú : s.n., 22 de 08 de 2006.
9. **INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES –IDEAM.** GLOSARIO METEOROLOGICO. [En línea] 11 de 08 de 2019.  
<http://www.ideam.gov.co/documents/11769/72085840/Anexo+10.+Glosario+meteorológico.pdf/6a90e554-6607-43cf-8845-9eb34eb0af8e>.
10. **REAL ACADEMIA ESPAÑOLA.** Diccionario de la Lengua Española. [En línea] 2022.  
<https://dle.rae.es/>.
11. **Calle , Victoria y Unsihuay Tovar, Franklin.** *Meteorología General-Teoría.* Universidad Nacional Agraria La molina, La Molina, Lima : 2008.
12. **INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM.** *ATLAS CLIMATOLOGICO DE COLOMBIA.* BOGOTA : Imprenta Macional de Colombia, 2005.
13. **IDEAM.** GLOSARIO METEREOLOGICO . [En línea] AGOSTO de 2019.  
<http://www.ideam.gov.co/documents/11769/72085840/Anexo+10.+Glosario+meteorol%C3%B3gico.pdf/6a90e554-6607-43cf-8845-9eb34eb0af8e>.
14. **EL COMERCIO.** Sedapal: “Un peruano consume hasta 163 litros de agua al día”. 16 de enero de 2018.

15. **AQUAE Fundacion.** ¿Sabes cuánta agua consumes a diario? *Agua experimentos*. [En línea] 2023. [https://www.fundacionaquae.org/sabes-cuanta-agua-consumes-a-diario/?gclid=Cj0KCQjwrfymBhCTARIsADXTAbkFSqXeoxL2a8dfCPFgCW5gj1y2aqZUB04oTYKGLBLteTNEWYGzDslaAq9aEALw\\_wcB](https://www.fundacionaquae.org/sabes-cuanta-agua-consumes-a-diario/?gclid=Cj0KCQjwrfymBhCTARIsADXTAbkFSqXeoxL2a8dfCPFgCW5gj1y2aqZUB04oTYKGLBLteTNEWYGzDslaAq9aEALw_wcB).
16. **OMS.** Como evitar enfermedades relacionadas con el agua durante las emergencias. [En línea] 2008. [Citado el: 15 de 08 de 2023.] <https://www.who.int/features/qa/31/e.s/>. .
17. **DS009-2009.** *Decreto Supremo N°009-2009*. MINAM, Lima : 2009.
18. *Plan de ecoeficiencia en el uso del agua potable y análisis de su calidad en las áreas académicas y administrativas de la Universidad Nacional Agraria la Molina.* **Advíncula, Orlando, y otros.** 13, Lima : s.n., 2014, Ecología Aplicada, Vol. 1, págs. 43-55.
19. **MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO.** PORTAL DEL MVCS. *Loreto: Ministerio de Vivienda inaugura proyecto de captación de lluvia en el distrito de Nauta.* [En línea] 19 de 08 de 2022. [Citado el: 15 de 08 de 2023.] <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/noticias/642480-loreto-ministerio-de-vivienda-inaugura-proyecto-de-captacion-de-lluvia-en-el-distrito-de-nauta>.
20. **Rosas, Gabriela.** *Meteorología Básica*. SENAMHI, Lima : s.n.

# **ANEXOS**

## **Información Meteorológica**

ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA PROPOSITO ESPECIFICO SAN REGIS												
PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm.)												
		LATITUD	:	03°30'38.9"	REGIÓN	:	LORETO					
		LONGITUD	:	73°54'34.7"	PROVINCIA	:	LORETO					
		ALTITUD	:	116 msnm.	DISTRITO	:	NAUTA					
AÑOS	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1991	172.0	271.0	213.0	310.0	178.0	126.0	124.0	104.0	97.0	214.0	148.0	281.0
1992	525.0	346.0	544.0	506.0	262.0	286.0	244.0	212.0	429.0	519.0	530.0	390.0
1993	340.0	314.0	314.0	266.0	250.0	159.0	248.0	207.0	189.0	307.0	274.0	276.0
1994	289.0	297.0	249.0	202.0	45.0	264.0	424.0	284.0	242.0	123.0	329.0	416.0
1995	276.0	140.0	231.0	147.0	256.0	213.0	99.0	90.0	290.0	224.0	263.0	391.0
1996	357.0	237.0	294.0	278.0	337.0	132.0	66.0	155.0	223.0	316.0	198.5	280.0
1997	152.7	487.7	256.5	219.7	288.0	100.9	31.9	151.2	245.0	180.6	313.4	393.2
1998	224.5	335.9	237.0	352.5	271.4	197.2	103.3	163.9	186.6	249.3	390.1	155.8
1999	344.6	227.8	196.0	357.7	311.0	98.2	134.8	137.6	198.2	223.9	313.7	218.9
2000	293.3	346.9	384.7	334.2	377.2	215.5	256.1	279.7	147.8	117.8	187.1	173.8
2001	341.0	141.9	451.1	425.8	261.0	144.1	180.3	118.5	337.8	216.9	136.4	316.8
2002	143.0	189.0	397.9	372.1	364.5	152.0	209.4	115.8	138.3	275.0	314.9	285.2
2003	306.6	321.1	182.6	395.0	287.5	262.4	50.1	100.8	347.0	272.4	364.2	307.2
2004	30.4	255.2	260.8	186.2	274.8	237.9	327.6	175.0	41.2	190.6	248.0	312.0
2005	384.1	152.4	203.2	216.8	178.4	227.5	75.7	59.8	111.8	233.5	140.4	434.7
2006	208.4	284.4	540.5	167.5	289.4	289.2	223.2	124.6	185.4	324.7	255.5	521.1
2007	319.6	143.2	323.6	164.1	201.7	121.2	138.0	116.1	196.9	166.2	375.8	289.6
2008	371.9	226.8	222.0	396.9	202.5	176.9	74.5	91.8	184.1	127.0	323.0	268.5
2009	337.0	291.9	338.0	427.2	201.7	107.9	171.1	287.4	237.3	134.7	333.7	271.3
2010	168.8	281.9	329.9	215.7	226.9	131.6	70.8	159.9	186.3	152.5	288.2	228.1
2011	120.0	198.4	438.2	277.6	218.1	267.6	179.6	142.8	299.7	151.5	98.8	439.0
2012	350.1	271.8	378.0	218.8	140.6	211.2	200.2	90.0	220.3	302.3	235.1	314.2
2013	334.4	526.4	481.9	193.4	424.7	155.8	143.5	255.9	260.6	248.7	183.8	258.5
2014	442.1	275.1	322.2	267.4	368.0	172.8	218.5	133.1	257.0	291.4	349.3	381.8
2015	442.7	193.6	341.1	399.7	388.7	157.7	278.7	143.2	122.0	370.0	327.5	293.0
2016	241.7	447.3	419.6	185.1	223.0	181.2	94.5	194.0	39.5	231.1	110.5	249.2
2017	329.1	375.3	395.3	356.4	243.1	261.3	41.4	349.8	156.1	262.0	274.4	252.5
2018	364.2	149.8	435.9	211.2	358.5	151.3	234.5	148.6	118.1	361.4	272.8	462.1
2019	337.8	426.3	270.1	139.9	206.2	159.3	187.7	121.2	212.8	149.2	364.8	398.7
2020	205.1	277.0	245.9	285.2	439.5	175.3	197.7	123.2	375.2	134.3	293.6	430.7
2021	374.6	396.6	344.1	218.9	417.7	214.7	101.2	48.0	273.6	301.1	164.3	240.4
2022	139.0	155.4	439.4	227.0	254.8	154.8	170.3	173.1	219.9	170.2	178.1	276.3
2023	204.8	211.2	448.6	251.1	258.2	130.7						
PROM.	291.7	281.1	329.9	282.5	269.1	184.5	167.6	161.2	209.2	235.7	274.6	323.0



**Esquema de funcionamiento de una bomba de ariete (elaboración propia)**

# **PLANOS DE DISTRIBUCIÓN SISTEMA DE CAPTACIÓN**