

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**APLICACIÓN DEL SISTEMA DE
NEUTRALIZACION CON PIEDRA CALIZA PARA
EL PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN LA COMUNIDAD PIAS TUSINE
GRANDE LAMPA PUNO – 2015.**

Presentado por:

Bach. Percy HUAMAN QUISPE

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2015

ACTA DE TITULACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En Juliaca, siendo las 09:00 horas del día 19 de diciembre del 2015, en el Salón de Grados de la Universidad Alas Peruanas y bajo la Presidencia del **Dr. VÍCTOR LIMA CONDORI**, se inició la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación correspondiente para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil por la modalidad de **Sustentación de Tesis**.

En la que el Bachiller: HUAMAN QUISPE, PERCY

Sustentó la **Tesis de Ingeniería**:

Tesis

“APLICACIÓN DEL SISTEMA DE NEUTRALIZACIÓN CON PIEDRA CALIZA PARA EL PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD DE PIAS, TUSINE GRANDE, LAMPA – PUNO 2015”


Ante el jurado integrado por los señores catedráticos:

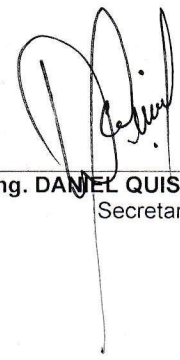
Dr. VÍCTOR LIMA CONDORI	(Presidente)
Ing. LIZANDRO VLADIMIR APAZA CANAZA	(Miembro)
Ing. DANIEL QUISPE MAMANI	(Secretario)

Sustentado el mismo, el graduando obtuvo el siguiente resultado:

APROBADO POR UNANIMIDAD

En fe de lo cual se asentó la presente Acta que firman el señor Presidente y los demás miembros del Jurado.


Dr. VÍCTOR LIMA CONDORI
Presidente


Ing. DANIEL QUISPE MAMANI
Secretario


Ing. LIZANDRO VLADIMIR APAZA CANAZA
Miembro

A mi querida madre por su esfuerzo, dedicación y apoyo incondicional durante toda mi vida; a mis hermanos por todo su apoyo constante, a todos mis amigos por su apoyo incondicional que hicieron posible la presente investigación, y sobre todo a Dios por brindarme vida y salud.

Se agradece por su contribución para el desarrollo de la tesis a:

Con gratitud agradezco a las Autoridades de la Universidad Alas Peruanas, en especial a la Dirección adjunto de la Facultad de Ingenierías y Arquitectura y Escuela Académica Profesional de ingeniería civil donde culminé mis estudios de pre grado satisfactoriamente.

Mi sincero agradecimiento a las autoridades, personal administrativo y profesional de proyecto de abastecimiento de agua potable en la Comunidad de Pias Tusine Grande de la provincia de Lampa-Puno, quienes con su apoyo y predisposición hicieron posible la realización de la investigación por permitimos aplicar y plasmar nuestro trabajo experimental.

A las Autoridades Universitarias de la Universidad Alas Peruanas filial Juliaca, al Ing. Gilmer Salas madera que con su acertada coordinación, asesoramiento adecuado y oportuno y por sus sabias orientaciones para cristalizar y lograr mí anhelado sueño de obtener el título profesional de ingeniero civil.

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el afán de solucionar un problema en las aguas manantiales en la Comunidad Pias Tusine Grande, Distrito y Provincia de Lampa de la Región Puno, donde se pudo encontrar una fuente natural de agua con el problema de acidez natural con un valor de pH igual a 4.1 convirtiéndose de esa manera como no apto para el consumo humano. Es por este motivo que se propone una solución de manera natural y sin incrementar los costos en el servicio de abastecimiento de agua potable en la comunidad, ya que se trata de una solución completamente natural y respetando la cultura de la gratuidad de los servicios básicos en zonas rurales.

La presente investigación, está basado en un análisis del tipo cuantitativo, fundamental – explicativo, debido a que los resultados fueron completamente experimentales cuantificando los valores obtenidos con respecto a las normas nacionales de calidad del agua para consumo humano donde se obtuvieron los resultados esperados que finalmente brindan la solución al problema sin mayor inconveniente alcanzando los objetivos planteados.

Realizamos la experimentación del sistema de neutralización de flujo ascendente con piedra caliza chancada con diámetros de 1", 2" y 3"; de las cuales el de granulometría de 2" pudo cumplir con los resultados esperados, llegando a neutralizar desde el primer día de experimentación, iniciando con un valor de pH igual a 4.1 hasta los valores de 6.51, 6.96, 7.22, 7.28, 7.30, 7.34, 7.39 y 7.42 donde el tiempo total de experimentación fue de 8 semanas consecutivas; la norma nacional de calidad de agua para el consumo humano establece que el rango de valores de pH no debe ser menor a 6.5 ni mayor a 8.5, pudiendo apreciar claramente que los resultados cumplen con lo requerido. En cambio, los de tamaño de partícula de 1" y 3" no pudieron cumplir con lo esperado, por lo que finalmente tuvieron que ser descartados para su posible implementación en los sistemas de abastecimiento de agua potable de las zonas rurales.

Palabras Clave: Acidez, Neutralización, Manantial, Agua Potable, Flujo Ascendente, Piedra Caliza, tamaño de partícula.

ABSTRACT

This research was conducted in an effort to solve a problem in the spring water for the rural community Pias Tusine Grande, Lampa – Puno; where you could find a natural source of water with natural acidity problem with a pH equal to 4.1 thus becoming as unfit for human consumption. For this reason that a solution naturally is proposed without increasing costs in the service of drinking water in the community as it is a completely natural solution and respecting the culture of free basic services rural zones.

This research is based on an analysis of the quantitative, fundamental type - explanatory, because the results were completely experimental quantifying the values obtained with respect to national quality standards for drinking water where they were obtained expected results finally provide the solution to the problem without inconvenience reaching the objectives.

We conducted experiments neutralization system upstream crushed limestone with diameters of 1 ", 2" and 3 "; of which the grain size of 2 "could meet the expected results, leading to neutralize from day experiment, starting with a pH value equal to 4.1 to values of 6.51, 6.96, 7.22, 7.28, 7.30, 7.34 , 7.39 and 7.42 where the total experimental time was 8 consecutive weeks; national water quality standard for human consumption states that the range of pH values must not be less than 6.5 or greater than 8.5 and can clearly see that the results meet the requirements. Instead, the particle size of 1 "and 3" could not meet expectations, so I finally had to be discarded for possible implementation in the systems of drinking water supply in rural areas.

Keywords: Acid, Neutralization, Spring, Water, Upflow, Limestone, particle size.

INDICE

1. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO	1
1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACION.....	3
1.2.1. Delimitación Espacial.....	3
1.2.2. Delimitación temporal	3
1.2.3. Delimitación Social-Conductual	3
1.2.4. Delimitación Conceptual	4
1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACION.....	5
1.3.1. Problema General.....	5
1.3.2. Problemas Específicos	5
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	5
1.4.1. Objetivo General.....	5
1.4.2. Objetivos Específicos	5
1.5. FORMULACION DE LA HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION	6
1.5.1. Hipótesis General	6
1.5.2. Hipótesis específicas	6
1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACION	7
1.6.1. Variable Independiente	7
1.6.2. Variables Dependientes.....	7
1.6.3. Operacionalización de Variables	7
1.7. VIABILIDAD	8
1.7.1. Viabilidad Económica	8
1.7.2. Viabilidad Técnica.....	8
1.7.3. Viabilidad Operativa.....	8
1.8. METODOLOGIA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION	9

1.8.1.	Tipo y Nivel de la Investigación	9
1.8.2.	Diseños y métodos de Investigación	9
1.9.	POBLACION Y MUESTRA DE LA INVESTIGACION	10
1.9.1.	Población.....	10
1.9.2.	Muestra.....	10
1.10.	TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS .	10
1.10.1.	Técnicas.....	10
1.10.2.	Instrumentos.....	11
1.11.	JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION	11
2.	MARCO TEORICO	15
2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	15
2.2.	BASES TEORICAS	17
2.2.1.	Sistema de Neutralización con Piedra Caliza	17
2.2.2.	Aguas Subterráneas.....	21
2.3.	DEFINICION DE TERMINOS BASICOS.....	30
3.	PROPUESTA TECNICA DE LA INVESTIGACION.....	34
3.1.	DESCRIPCION TECNICA DEL PROBLEMA.....	34
3.2.	PROPUESTA TECNICA EXPERIMENTAL.....	35
3.2.1.	Fundamentación.....	35
3.3.	DESCRIPCION TECNICA DE LA UNIDAD DE NEUTRALIZACION...	36
3.3.1.	Materiales e Insumos.....	36
3.3.2.	Equipos e Indumentaria Necesaria.....	38
3.3.3.	Montaje.....	39
3.3.4.	Materiales y Costos de Implementación del Sistema de Neutralización de Flujo Ascendente Continuo	40
3.3.5.	Planteamiento del Componente Estructural	41

3.3.6. Procedimiento Experimental.....	44
4. PRESENTACION, INTERPRETACION Y ANALISIS DE RESULTADOS .	47
4.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	47
4.2. ANALISIS DE RESULTADOS.....	54
4.3. INTERPRETACION ESTADISTICA DEL COMPORTAMIENTO DE LA VARIABLE CUANTITATIVA.....	56
4.4. CONTRASTACION DE LA HIPOTESIS.....	56
4.4.1. Hipótesis General	56
4.4.2. Prueba de Hipótesis Especifica uno	59
4.4.3. Prueba de Hipótesis Especifica dos	61
4.5. DISCUSION DE RESULTADOS	62
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFIA	66
ANEXOS.....	68

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01. Operacionalización de variables.....	7
Cuadro N° 02. Equivalentes químicos y composición química de materiales de encalado puros.....	19
Cuadro N° 03. Criterios de calidad para el agua potable.....	27
Cuadro N° 04. Costos de implementación del sistema de neutralización.....	41
Cuadro N° 05. Parámetros de diseño para el diseño del sistema neutralizante..	42
Cuadro N° 06. Periodos de toma de muestra.....	46
Cuadro N° 07. Toma de muestras de agua tratada en campo para $\phi=1''$	48
Cuadro N° 08. Toma de muestras de agua tratada en campo para $\phi=2''$	49
Cuadro N° 09. Toma de muestras de agua tratada en campo para $\phi=3''$	50
Cuadro N° 10. Comparación de valores pH con respecto a la Norma Nacional..	54
Cuadro N° 11. Análisis estadístico de la variable cuantitativa.....	55
Cuadro N° 12. Análisis de Varianza para los datos durante el proceso de ensayo del sistema de neutralización con piedra caliza para el análisis de la acidez del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable para el consumo humano en Pias Tusine Grande Lampa Puno -2015.....	57
Cuadro N° 13. Diferencia de Medias para el puntaje promedio del proceso de ensayo de los diferentes métodos del sistema de neutralización con piedra caliza en la Comunidad Pias Tusine Grande.....	58
Cuadro N° 14. Tratamiento de datos con la prueba “ <i>t Estudent</i> ” para $\phi = 2''$	60
Cuadro N° 15. Tratamiento de datos con la prueba “ <i>t Estudent</i> ” para la NTP...	61

INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama N° 01. Sistema de neutralización de acidez de aguas.....	20
Diagrama N° 02. Incorporación del sistema neutralizante en la captación.....	35
Diagrama N° 03. Diagrama del sistema neutralizante.....	40
Diagrama N° 04. Esquema de la unidad de neutralización de agua.....	44
Diagrama N° 05. Diagrama de Calas para el puntaje promedio del proceso de ensayo de los diferentes métodos de sistema de neutralización con piedra caliza en la Comunidad de Pias Tusine Grande.....	58

INDICE DE GRAFICOS

Grafico N° 01. Planteamiento del componente estructural.....	43
Grafico N° 02. Variación del pH con respecto al tiempo para $\phi = 1''$	51
Grafico N° 03. Variación del pH con respecto al tiempo para $\phi = 2''$	52
Grafico N° 04. Variación del pH con respecto al tiempo para $\phi = 3''$	52
Grafico N° 05. Comparación del pH con respecto a la diferencia de granulometría.....	53
Grafico N° 06. Representación gráfica del análisis de variables.....	55

INTRODUCCION

La presente investigación consta de 04 capítulos; donde se inicia con el desarrollo de una introducción. Describiendo la situación del sistema de abastecimiento de agua potable con problemas de acidez en poblaciones rurales, para ello, presentamos los antecedentes de la temática; seguidamente se realiza el planteamiento del problema de investigación, seguido de las preguntas de investigación, planteamiento del objetivo general y específicos al igual que presentando la hipótesis general y específicos; además se plantean los alcances y límites de la investigación, las variables de investigación, la metodología a emplearse, las técnicas e instrumentos a emplear, y concluyendo con la justificación del estudio.

En el segundo y tercer capítulo, presentamos el marco teórico de la investigación, la cual contiene definiciones y conceptos empleados para la investigación, de igual forma se presenta el marco teórico contextual utilizado como soporte de la investigación, mostrando la descripción del sistema de neutralización de flujo ascendente continuo con piedra caliza chancada, los materiales y equipos empleados, el procedimiento experimental, procedimiento de toma de muestras y análisis respectivos; donde concluimos con la propuesta técnica de un componente estructural que se podría implementar a escala real en los sistemas de abastecimiento de agua potable rural con similar problemas del estudio.

En el capítulo 4, se presentan los resultados, análisis e interpretación de los resultados obtenidos de las pruebas experimentales, para ello empleamos gráficos y cuadros estadísticos para su mejor comprensión; donde finalmente, el estudio se cierra presentando las conclusiones, recomendaciones anexos y registros bibliográficos empleados y elaborados durante el proceso de la investigación.

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El rol del agua en los proyectos de Saneamiento Básico Rural juega siempre el papel más importante, ya que es la materia prima que será trasladada desde una fuente natural hasta un punto estratégico de la vivienda de la cual podrán hacer uso los miembros de esa familia.

En la actualidad, el Gobierno Peruano ha enfatizado estrategias de intervención articulada y políticas nacionales que conllevan a reducir el porcentaje de viviendas que carecen de acceso sostenible al agua potable; y dentro de ellas, tenemos los programas del estado como FONCODES, PRONASAR, PNSR, SANBASUR, SABA y algunas ONGs como CARE y LA ASOCIACION SER; todos ellos en su conjunto tienen como prioridad apoyar en la elaboración y ejecución de Proyectos de Saneamiento Básico en zonas rurales de nuestro país y al mismo tiempo poder satisfacer uno de los objetivos invaluable al 2021 que es contar con agua potable y de calidad en cada una de las viviendas de nuestro país, especialmente en zonas rurales que muy difícilmente son atendidos de manera adecuada por nuestras autoridades y/o instituciones competentes por encontrarse aislados o por estar ubicados en zonas de difícil acceso.

En la mayoría de los proyectos de agua potable para las comunidades campesinas de nuestra Región de Puno se utiliza como fuente de abastecimiento las aguas subterráneas (manantiales o pozos artesianos) que por naturaleza se caracterizan por ser aguas de buena calidad; pero no por ello deben ser excluidos a practicárseles los análisis de calidad para ser considerados como aptos para el consumo humano; sucede que por otro lado, durante su infiltración el agua subterránea puede cargar muchas impurezas otorgándoles un cierto grado de contaminación, ya sea con partículas orgánicas e inorgánicas, pesticidas, fertilizantes o algún tipo de metales pesados según la ubicación o paso de estas aguas.

En esta ocasión, trataremos con un tipo de agua subterránea muy singular, donde el problema que presenta es que uno de los parámetros medibles que es el "pH" se encuentra con valores muy por debajo de lo requerido haciéndolo de carácter ácido y que prácticamente pasaría a ser no apto para el consumo humano por tener valores que se encuentran fuera del rango de permisibilidad según nuestras normas nacionales del agua potable. Este sería un gran problema y que generalmente se mantiene oculto, porque para cada proyecto de abastecimiento de agua potable en zonas rurales se toman puntos de captación y que generalmente son únicos por no existir otro manantial en la zona y que finalmente son tomados y trasladados hasta los reservorios y consecuentemente hasta las viviendas sin realizar tratamiento alguno al agua, una de las razones es que en las comunidades rurales el agua potable siempre la reciben gratuitamente y es por eso que jamás puede hablarse de plantas de tratamiento ya que las actividades de operatividad y mantenimiento de la planta junto al tratamiento del agua podrían incrementar los costos del servicio; pero en algunos casos, el único tratamiento que se le brinda es la cloración con el propósito de garantizar la salubridad de este líquido elemento; el cloro tiene la función de bactericida y germicida pero no la de reducir la acides del agua.

Con este análisis realizado, y para que las aguas subterráneas que presenten problemas de acides puedan ser potables y continúen siendo gratuitos para las comunidades campesinas rurales es que se propone un medio de solución alternativa y natural neutralizando la acides del agua y llevándolo a los rangos permisibles para que de ese modo puedan ser aptos para el consumo humano.

1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACION

1.2.1. Delimitación Espacial

La investigación se realiza en el espacio territorial de la Comunidad de Pias Tusine Grande, Distrito de Lampa y Provincia de Lampa de la Región Puno; donde se ejecuta el proyecto de abastecimiento de agua potable a 78 viviendas del sector y que se encuentran con el problema de acidez natural de sus aguas manantiales, la comunidad geográficamente se encuentra ubicado en su coordenada Norte a 8 297 820.05 N y en su coordenada Este a 343 751.69 E con una altura promedio de 3 947.00 m.s.n.m.; con vías de acceso terrestre desde la ciudad de Puno – Juliaca (asfaltado) de 45 km y 50 min. y continúa la ruta Juliaca – Lampa mediante vía terrestre asfaltado a 25 km y 25 min. y finalmente de Lampa – C.C. Pias Tusine Grande mediante trocha carrozable a 14 km y 25 min.

1.2.2. Delimitación temporal

La investigación tendrá una duración de 10 meses, donde el periodo de la misma comprende desde el mes de Enero a Octubre del 2015; tiempo que permitirá aplicar el sistema de neutralización con piedra caliza en la reducción de acidez de aguas manantiales para el consumo humano, así como la planificación de la investigación, recolección de datos bibliográficos, implementación de un sistema a nivel experimental para realizar las pruebas necesarias de neutralización de la acidez, mediciones de pH consecutivas, definir los tamaños y cantidades de material neutralizante con respecto al caudal del agua y finalmente se concluirá con el procesamiento de datos, las cuales nos brindaran los resultados que podrán ser implementados en cualquier proyecto rural de agua potable que se encuentre con el mismo problema.

1.2.3. Delimitación Social-Conductual

La investigación se realiza en el contexto social del ámbito rural de la C.C. Pias Tusine Grande, Distrito de Lampa y Provincia de Lampa de la Región Puno donde se viene ejecutando el proyecto de abastecimiento de agua potable y que presenta la particularidad problemática de que una sus

fuentes naturales de agua presentan características acidas con valores de pH promedio de 4.1 a 4.5.

1.2.4. Delimitación Conceptual

Sistema de neutralización con piedra caliza

El propósito de la neutralización con piedra caliza es llevar su valor a pH entre 6 y 8.5. Si es inferior se debe seguir alcalinizando con un agente alcalino y si se excede en su valor debe acidificarse. Se debe efectuar después de la igualación, es decir cuando se tiene un caudal constante (Romero R. J. 2005).

Material Neutralizante

Las características de calidad de estos materiales son muy variables y dependen de la composición química de los agentes neutralizantes en el material (Carballo y Molina, 1993).

Los mecanismos de reacción de estos materiales permiten la neutralización de los iones H^+ en solución por medio de los iones OH^- producidos al entrar en contacto con el agua. Es por esa razón que estos materiales son efectivos cuando existe humedad, los óxidos reaccionan inmediatamente con el agua transformándose en hidróxidos y neutralizan la acidez a través de su OH^- que es una base (J. Espinoza y E. Molina, 1999)

Acidez de agua manantial

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución, como también en algunos procesos de tratamiento del agua como la coagulación y desinfección. Por lo general, las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH en el rango de 5 a 9. Se considera que el pH de las aguas crudas como tratadas debería estar entre 5 y 9; ya que este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua. Las guías canadienses han establecido el rango de pH entre los valores de 6.5 a 8.5 para el agua potable (OPS-CEPIS, Lima 2005).

1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACION

1.3.1. Problema General

¿Cuáles son los efectos de la aplicabilidad del sistema de neutralización con piedra caliza en el proyecto de abastecimiento de agua potable en aguas manantiales Pias Tusine Grande Lampa Puno 2015?

1.3.2. Problemas Específicos

¿Cómo se comportan los valores de pH del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable con la aplicación del sistema de neutralización con piedra caliza de 1", 2" y 3" en el manantial de Pias Tusine Grande?

¿Cuál es la variación de valores de pH con la aplicación del sistema de neutralización con piedra caliza en el manantial de Pias Tusine Grande con respecto a la Norma Nacional de Calidad del Agua para Consumo Humano?

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.4.1. Objetivo General

Determinar los efectos de la aplicabilidad del sistema de neutralización con piedra caliza en el proyecto de abastecimiento de agua potable en aguas manantiales de Pias Tusine Grande Lampa Puno 2015.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Conocer los valores de pH del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable con la aplicación del sistema de neutralización con piedra caliza de 1", 2", y 3" en el manantial de Pias Tusine Grande.
- Identificar la variación de valores de pH con la aplicación del sistema de neutralización con piedra caliza en el manantial de Pias Tusine Grande con respecto a la Norma Nacional de Calidad del Agua para Consumo Humano.

1.5. FORMULACION DE LA HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION

1.5.1. Hipótesis General

Los efectos de la aplicabilidad del sistema de neutralización con piedra caliza reducen significativamente la acidez del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable para el consumo humano en Pias Tusine Grande Lampa Puno 2015.

1.5.2. Hipótesis específicas

- Los valores de pH del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable mejoran directamente con la aplicación del sistema de neutralización con piedra caliza de 2" en el manantial de Pias Tusine Grande.
- La variación de valores de pH se encuentran dentro del rango de valores establecidos por la Norma Nacional de Calidad de Agua para consumo Humano luego del tiempo de neutralización del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable en el manantial de Pias Tusine Grande.

1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACION

1.6.1. Variable Independiente

- Sistema neutralizante con piedra caliza.

Dimensión:

- Tipo de material de piedra caliza.
- Diseño de lecho.
- Especificaciones técnicas.

1.6.2. Variables Dependientes

- Proyecto de agua potable.

Dimensión:

- pH del agua.
- Estándares de calidad del agua para consumo humano.

1.6.3. Operacionalización de Variables

Este punto se muestra en el cuadro N° 01 y a continuación se detalla:

CUADRO N° 01. Operacionalización de Variables.

VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES
Variable Independiente: (X) Sistema neutralizante con piedra caliza.	Tipo de material	Porcentaje de pureza de la piedra caliza. Ubicación de la cantera.
	Diseño de lecho	Caudal de ingreso del agua de manantial. Granulometría de la piedra caliza chancada.
	Especificaciones técnicas	Volumen del recipiente de lecho de piedra caliza chancada.
Variable Dependiente: (Y) Proyecto de agua potable.	pH del agua	Valor de pH del agua tratada. Tiempo de estabilización de los valores de pH.
	Estándares de calidad del agua para consumo humano	Normatividad nacional

Fuente: Elaboración Propia.

1.7. VIABILIDAD

1.7.1. Viabilidad Económica

El sistema de neutralización de aguas manantiales a nivel experimental, implica la construcción de un prototipo con materiales existentes en el mercado, donde el montaje y construcción de este sistema requiere un presupuesto de S/. 1500.00 nuevos soles; así como los costos por materiales, construcción y recursos humanos ascienden a la suma total de S/. 8500.00 nuevos soles, lo cual fue asumido completamente por el investigador y de ese modo hace que la ejecución del presente estudio sea económicamente viable.

1.7.2. Viabilidad Técnica

Los materiales empleados para el prototipo se encuentran acorde a lo recomendado por el reglamento nacional de edificaciones y ASTM (American Standard for Tenting Materials), así como la certificación de los resultados se encuentran contemplados dentro de los límites máximos permisibles de las normas nacionales de calidad del agua; las cuales hacen que técnicamente sean viables.

1.7.3. Viabilidad Operativa

La presente investigación será implementada en el sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad Pias Tusine Grande; el punto de implementación de dicho sistema es justo en el punto de la captación, al igual que las galerías filtrantes que normalmente se acostumbra y luego como segunda unidad debe implementarse los filtros ya conocidos. Este sistema de neutralización no requiere mayor operatividad, ya que en el momento de la ejecución del proyecto será construido en su totalidad fijando el valor de pH del agua para que se conduzca hasta el reservorio, donde los técnicos encargados de la ejecución de obra deberán capacitar a los usuarios y JASS (Junta Administradora de Servicios de Saneamiento) del sistema de agua para realizar la operación y mantenimiento adecuados, las cuales serán completamente asequibles, todos estos criterios en su conjunto hacen que la investigación sea operativamente viable.

1.8. METODOLOGIA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION

1.8.1. Tipo y Nivel de la Investigación

a) Tipo de Investigación

El tipo de investigación por sus características se enmarcan dentro del enfoque cuantitativo, debido a que se utilizan instrumentos estandarizados y se cuantifican los resultados donde para avalar e interpretar se utilizaran las herramientas estadísticas, de acuerdo al propósito que tiene el investigador es fundamental o básico, ya que solamente está orientada a demostrar la aplicabilidad del sistema de neutralización con piedra caliza con respecto a la acidez de las aguas manantiales; sin embargo, por su naturaleza explicativo, pretende analizar los tipos de piedra, diseño y especificaciones técnicas del objeto de estudio, las cuales se darán en el ámbito natural de las variables observadas.

b) Nivel de Investigación

El nivel de la investigación es experimental – analítico, porque se aplicara el sistema de neutralización con piedra caliza como variable causal en reducir la acidez de agua manantial para el consumo humano y el agua como variable efecto en el proceso de neutralización.

1.8.2. Diseños y métodos de Investigación

a) Diseño de Investigación

El diseño corresponde a una investigación experimental, dado que se manipula la variable independiente en contexto natural para después analizarlos; es decir, se manipulo la variable en estudio. Así mismo, es de corte transversal o transaccional, ya que los datos se recolectaron en un solo momento, en un tiempo único antes y después de la aplicación del experimento.

b) Métodos de la Investigación

El método para el presente caso de investigación es la de inductivo, analítico y sintético a causa de que se busca demostrar de manera experimental los efectos del sistema de neutralización con piedra caliza en la reducción de acidez del agua manantial en la comunidad Pias Tusine Grande de la Provincia de Lampa a través de ensayos y observación directa e indirecta de los hechos.

1.9. POBLACION Y MUESTRA DE LA INVESTIGACION

1.9.1. Población

La población de la presente investigación es la comunidad Pias Tusine Grande del Distrito y Provincia de Lampa de la Región Puno donde actualmente se viene ejecutando el proyecto de abastecimiento de agua potable para un total de 78 familias, ya que la fuente natural de agua cuenta con el problema particular de presentar características acidas con valores de pH promedio de 4.1 a 4.5.

1.9.2. Muestra

La muestra de estudio fue conformada por muestras de aguas del manantial "Azul Cancha" de la Comunidad Pias Tusine Grande en el Distrito y Provincia de Lampa de la Región Puno, la que geográficamente se encuentra en la coordenada Norte a 8 295 916.28 N y su coordenada Este a 338 391.70 E; donde para determinar la muestra se utilizó el muestreo probabilístico juicio del investigador debido a las características de estudio.

1.10. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

1.10.1. Técnicas

a) Medición. Se realizaron mediciones directas en campo, para lo cual se elaboraron fichas de monitoreo con la finalidad de contar con la lectura de datos in situ de los valores de pH de los efluentes de agua cruda y tratada según requería el caso.

- b) **Observación.** Se realizaron las observaciones correspondientes en campo, con respecto a la funcionalidad de sistema implementado y como también a los resultados obtenidos de los valores de pH en el sistema experimental de neutralización instalado.

1.10.2. Instrumentos

- a) **Medidor de pH (pH-metro).** Este instrumento será usado con la finalidad de realizar las lecturas de pH tanto en la alimentación como en el efluente de agua tratada del sistema de neutralización implementado.

- b) **Ficha de Observación.** Instrumento que permite el registro de los valores de pH lecturados en campo, así como las observaciones durante los procedimientos realizados.

1.11. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION

a) Justificación

Es política nacional que las poblaciones rurales cuenten con el servicio de agua potable de calidad y saludable, puesto que el acceso a los servicios de agua y saneamiento tiene implicancias positivas en el logro de indicadores favorables de nutrición, salud e incluso educación. La población rural sin servicios de agua y saneamiento tiene un alto porcentaje que debe ser revertido; y si cuentan con el servicio, estas poblaciones reciben el agua con pésima calidad y pobre sostenibilidad (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2004).

Un agua es acida cuando su pH es menor que 7. No obstante, ello no exige que deje de ser potable o resulte nociva hasta alcanzar niveles bastante inferiores (por ejemplo, deja de ser potable para valores de pH menores a 5.5). A no ser por causas antrópicas, resultan muy raros de encontrar pH menor de 3.5 ó pH mayor a 10.5, existiendo una tendencia natural a su neutralización (por saturación, precipitación,

dilución, etc.), resultando estas anomalías las más agresivas; la solubilidad en las rocas y minerales, se ve fuertemente afectada por el pH del medio, de forma que, un agua acida suele, además de ser nociva por su pH, ir acompañada de numerosos metales en dilución, que aportan una importante toxicidad a la fuente; razón por la cual, la acidez de estas aguas debe ser neutralizado llevándolo nuevamente a ser potable y apto para su consumo (Baquero et al., 2008).

Dentro del ciclo hidrológico del agua pueden distinguirse, a grandes rasgos, tres sistemas o ámbitos en los que el agua adquiere y ve modificada su química: atmósfera, zona no saturada y zona saturada; ya que en ellas es donde ocurren una serie de fenómenos, y uno de ellos puede ser la generación de ácidos fundamentalmente por reacción química entre el agua y el CO₂; según sigue su curso, el agua puede modificar notablemente su composición sobre todo en la zona edáfica y no saturada de manera casi definitiva (Schoeller, 1963). Una vez alcanzado a la zona saturada, el agua subterránea se incorpora al sistema de flujo propio de cada acuífero realizando recorridos muy variables en función de las características de cada uno de ellos. El conjunto de materiales por los que circula el agua y con los que interactúa constituye el tercer sistema en el que el agua adquiere o modifica su química; finalmente, el agua con su composición alterada podrá salir mediante afloramiento a la superficie y que generalmente es captada en zonas rurales para darle uso como agua potable, y conociendo todo el recorrido y modificación de su composición es que requiere un tratamiento adecuado de neutralización en caso de presentar acidez (Custodio y Llamas, 1976).

Esta investigación podrá validar la implementación de tecnologías alternativas apropiadas en la ejecución de proyectos de potabilización del agua en poblaciones rurales, considerando las facilidades necesarias para su adecuación dentro del sistema de agua potable rural y obtener criterios para su respectiva operación. Por ello, se recomienda incorporar esta tecnología alternativa de mejoramiento de

la calidad del agua en los estudios técnicos para la ejecución de obras de abastecimiento de agua rurales (OPS-CEPIS, Lima 2005).

b) Importancia

La presente investigación es de carácter muy importante y debe ser difundido debido a que en las poblaciones rurales aún se desconoce la contaminación natural de los acuíferos y los proyectos de abastecimiento de agua para el consumo humano en estas zonas son ejecutados casi en su totalidad sin tomar en cuenta este aspecto.

Realizar la presente investigación es importante porque, con ella se plantea solucionar el problema de las aguas contaminadas naturalmente con carácter ácido de los manantiales sometiéndolos a reacciones químicas de neutralización del agua con un material que abunda en la naturaleza con propiedades alcalinas que es el carbonato de calcio (piedra caliza) y de ese modo volverlo potable y apto para el consumo humano en función al pH del agua.

Con la presente investigación se pretende dar a conocer las alteraciones que puede ocurrirle al agua durante todo su recorrido del ciclo hidrológico y todos los contaminantes que puede adquirir; por esta razón, el agua de un manantial debe ser sometido a análisis físico químicos, bacteriológicos y considerando la presencia de algunos metales pesados que pueden presentarse; de ser el caso, si en alguno de estos parámetros, los resultados superan los valores de los límites máximos permisibles de la norma nacional de agua potable para consumo humano, se tendría dos opciones: primero, excluir al manantial de los estudios para la elaboración del proyecto por contener aguas de mala calidad y buscar otro manantial que se encuentre dentro de la zona de influencia y que cumpla con las normas, y la segunda opción se tomaría siempre en cuando no exista otro manantial con caudal suficiente para abastecer a la población dentro de la zona de influencia, la cual sería implementar un sistema de tratamiento alternativo y económico, ya que en las poblaciones

rurales no se puede construir una planta de tratamiento de agua porque en ella se presenta la cultura de la gratuidad de los servicios de agua potable.

Con los resultados de la investigación, se generara un impacto positivo con respecto a la calidad de agua de consumo en las poblaciones rurales; al mismo tiempo, esta investigación servirá como base para todos los profesionales involucrados en la elaboración de estudios y técnicos encargados de la ejecución de proyectos de saneamiento básico y/o abastecimiento de agua potable de calidad en poblaciones rurales; al mismo tiempo, contribuirá en la implementación y mejora de las políticas de desarrollo en el sector saneamiento a través de nuestras autoridades y entidades competentes.

c) Limitaciones

Una de las grandes limitantes es que no existe suficiente información bibliográfica con respecto al tema; así como artículos de investigación, reportes científicos, estudios varios, tesis de pre grado o post grado ni algunos documentos relacionados al tema que puedan servir como instrumento base para la presente investigación.

No se encontró experiencias similares en otros espacios geográficos, que sirvan como referencia para la presente investigación; ni de las entidades públicas ni de las ONGs competentes, y si se encontraron con este problema lo más probable es que lo hayan pasado por alto y no lo mencionan dentro de sus experiencias.

La lejanía de las canteras de piedra caliza, dificultando su traslado desde la cantera hacia el centro experimental para realizar las pruebas de neutralización correspondiente.

El difícil acceso a laboratorios de la región, ya que ellos cuentan con los equipos de medición de pH que es uno de los parámetros de control en las operaciones unitarias de neutralización.

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

Respecto a la calidad del agua, el PAS Banco Mundial y la CEPIS evaluaron 80 sistemas rurales de abastecimiento de agua por gravedad sin tratamiento que brindan servicios a 92 comunidades que comprende alrededor de 39000 habitantes en los departamentos de Ancash, Apurímac, Cajamarca y Cusco. En conclusión: el estudio determino, que solo el 37.5% de los sistemas visitados realizan únicamente la cloración del agua muy a pesar de ello se encontraron coliformes termotolerantes en muestras tomadas en sus componentes, habiéndose verificado un gran deterioro en la calidad del agua. Así mismo se encontró que el 63% de los sistemas presentó un alto riesgo sanitario en cuanto a la infraestructura y el manejo de calidad del agua en todo el sistema y además recomiendan que se realice otros análisis como las pruebas de acides y algunos metales pesados para garantizar la calidad del agua (Rojas y Valencia, 1999).

Esta situación revela deficiencias de los proyectos ejecutados respecto a operación, mantenimiento y educación sanitaria. Los proyectos han incidido muy poco en la modificación de los hábitos sanitarios y de la calidad del agua de las

poblaciones rurales, por lo cual la prevalencia de enfermedades asociadas a estas carencias continúa. Con respecto a la administración de los pobres rurales de sus sistemas de agua y saneamiento se presentan dificultades de sostenibilidad tales como la cultura de no pago de la población que dificulta la operación y mejoramiento de la calidad de agua de los sistemas, la falta de capacitación en el manejo de los sistemas, la ausencia de instancias que vigilen los hábitos de higiene y un marco institucional desordenado en el cual no queda realmente claro a qué entidad corresponde las labores de asistencia técnica y supervisión (OPS-CEPIS, Lima 2005).

En noviembre del 2008, se realizó una conferencia patrocinada por la revista de la sociedad española de mineralogía donde trataron el tema de: "Tratamiento de Aguas Ácidas. Prevención y Reducción de la Contaminación" referido únicamente a la prevención y minimización de aguas ácidas, en su generación, sin entrar en la descripción de tratamientos activos, pasivos o mixtos de dichas aguas. Cuando existe riesgo de generación de aguas ácidas, con el fin de eliminar o al menos minimizar su aparición, deberían tenerse en cuenta criterios de diseño y gestión del riesgo. La prevención de la contaminación derivada de las actividades del hombre ya sea en aguas superficiales o subterráneas y el tratamiento de las mismas. Con respecto a las formas de actuar, cabe distinguir aquellas acciones que se orientan hacia el objetivo de reducir la formación de contaminantes y aquellas otras que implican el tratamiento de las aguas contaminadas. En general, la actuación no se ciñe a un solo procedimiento, sino que es combinación de varios, y se acomete en función del problema específico a resolver, ya que su eficiencia puede ser muy diferente de unos casos a otros. Los métodos preventivos se basan en la eliminación de alguno de los elementos esenciales en la generación de aguas ácidas (sulfuro, oxígeno, humedad o bacterias catalizadoras). La elección entre uno u otro método, depende de las condiciones (origen, desagüe, grado de actividad, etc.), características (físicas y químicas) y carácter (permanente y temporal) del efluente, así como espacio disponible; los tratamientos deberían ser in situ o bajo lámina de agua (Baquero et al., 2008).

En el 2005, la OPS y CEPIS elaboraron una “Guía para el Mejoramiento de la Calidad del Agua a Nivel Casero”, donde presentan algunas opciones tecnológicas para el tratamiento del agua de uso y consumo humano y desinfección en función de la calidad del agua, donde realiza una descripción de las aguas superficiales y subterráneas como fuentes de abastecimiento, sus problemas de calidad y tratamientos necesarios. Especial atención se da a la desinfección porque en zonas rurales es, en muchos casos, el único tratamiento que recibe el agua de consumo y puede evitar muchas enfermedades infecciosas de carácter agudo que afectan a la población. Además presentan opciones de tratamiento que se pueden utilizar para mejorar la calidad de agua, de acuerdo a las características que presente esta, como es el caso de la presencia de contaminantes inorgánicos en el agua –metales pesados- y que presentan cierta dificultad en su remoción (OPS-CEPIS, Lima 2005).

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1. Sistema de Neutralización con Piedra Caliza

a) Rocas Calizas (Carbonato de Calcio)

Las calizas son rocas sedimentarias formadas por depósito de los productos de alteración química y física de rocas preexistentes, primitivas, como el feldespato cálcico. Su componente fundamental es el carbonato cálcico CaCO_3 . Una caliza químicamente pura, consiste en un 100% en calcita con fórmula química CaCO_3 (56.2% CaO , 43.8% CO_2). La mayoría de las calizas usadas por la industria tienen un contenido de CaCO_3 de 70-80%, y muchas de más del 90% (DUDA H. Walter, 2003).

La caliza es una roca compuesta por lo menos del 50% de carbonato de calcio (CaCO_3), con porcentajes variables de impurezas; en su interpretación más amplia, el término incluye cualquier material calcáreo como el mármol, creta, coral y marga. Cada uno de los cuales con propiedades físicas distintas; sin embargo, generalmente se considera que la caliza es una roca calcárea estratificada compuesta principalmente de mineral calcita, que por calcinación da la cal viva (E. C. Eckel, 1941).

b) Propiedades de la Roca Caliza

Las características distintivas de las rocas, dependen más bien de las relaciones entre los agregados sedimentarios, que de las relaciones de grano a grano que determinan y regulan las peculiaridades de la textura; estos caracteres se estudian mejor en el campo que en los ejemplares de mano (Alonso L., 1978).

La coloración de las calizas ricas en calcio y las calizas dolomíticas son blancas cuando son puras, pero cambia de color entre el gris y el negro a consecuencia de las impurezas carbonosas que contienen; el óxido férrico da a la caliza color amarillento, rojo, pardo; los sulfuros tales como la pirita, la marcasita y la siderita alteran el color superficial de la roca al oxidarse bajo la influencia de los agentes atmosféricos, dando un color rojizo. Para la construcción de monumentos o la edificación, el color de la caliza es una propiedad importante. Las cales comerciales tienen color blanco o débilmente gris.

La resistencia de la caliza es una propiedad importante a la compresión, al aplastamiento que oscila entre 98.4 y 583.5 kg/cm², la resistencia a la tracción no es tan importante y es más difícil de determinar, su variación es de 26 a 63 kg/cm².

La densidad bruta de la caliza, es el peso de un decímetro cúbico, que varía según el contenido de humedad, la textura y la porosidad de la roca. La caliza comercial secada al aire en condiciones ordinarias tiene una densidad de 1.922 kg/dm³. En condiciones de humedad, la densidad bruta puede ser de 2.242 kg/dm³. La densidad real prescindiendo de poros llenos de aire, oscila entre 2.2 y 2.9 kg/dm³. La caliza rica en calcio tiene una densidad de 2.65 a 2.75 kg/dm³; y las calizas dolomíticas de 2.8 a 2.9 kg/dm³ (F. Mohos, 1839).

Otras propiedades muy importantes de la caliza, son la de absorción de agua que varía de 2 a 8% en peso, el desgaste al rozamiento es de 30 a 40 cm³, y al chorro de arena varía de 7 a 10 cm³ (V. Días, Perú 2009).

c) Pureza Química

La pureza es una característica importante de los materiales neutralizantes que reconoce su composición química y los contaminantes presentes (arcilla, materia orgánica y otros minerales). La capacidad de neutralizar la acidez del agua depende de la composición química y de la pureza del material. Para determinar la pureza se utiliza el criterio del equivalente químico (EQ) que es una medida del poder de neutralización de una cal en particular. El EQ se define como la capacidad del material para neutralizar la acidez comparada con el poder de neutralización del CaCO_3 químicamente puro, al cual se le asigna un valor de 100.

Para determinar el poder de neutralización se debe pesar una cantidad del material y disolverla en una cantidad conocida de ácido, luego el exceso de ácido es titulado con una base. En el cuadro 2 se presentan los valores de poder de neutralización de varios materiales de encalado en su forma pura. De acuerdo a esta tabla, los óxidos e hidróxidos tienen la mayor capacidad para neutralizar la acidez que el carbonato de calcio. El óxido de magnesio constituye la forma química más eficiente para neutralizar la acidez del agua, siendo aproximadamente 2.5 veces más efectivo que el carbonato de calcio. Los materiales con menos de 80% de EQ (32% Ca) son de baja calidad, de acuerdo con los criterios utilizados en diferentes países. (Nicholaides, 1983; Alcarde, 1992).

CUADRO N° 02. Equivalentes Químicos y Composición Química de Materiales de Encalado Puros.

Material	Equivalente Químico (EQ)	Fórmula	Contenido de Ca (%)	Contenido de Mg (%)
Carbonato de Calcio	100	CaCO_3	40	
Dolomita	108	$\text{CaCO}_3 \bullet \text{MgCO}_3$	21.6	13.1
Oxido de calcio	179	CaO	71	
Hidróxido de calcio	138	Ca(OH)_2	54	
Hidróxido de magnesio	172			41
Carbonato de magnesio	119			28.5
Oxido de magnesio	248	MgO		60
Silicato de calcio	86	CaSiO_3	34.4	
Silicato de magnesio	100	MgSiO_3		24

Fuente: Texto "Acides y Encalado de Aguas y Suelos (J. Espinosa y E. Molina, 1999)"

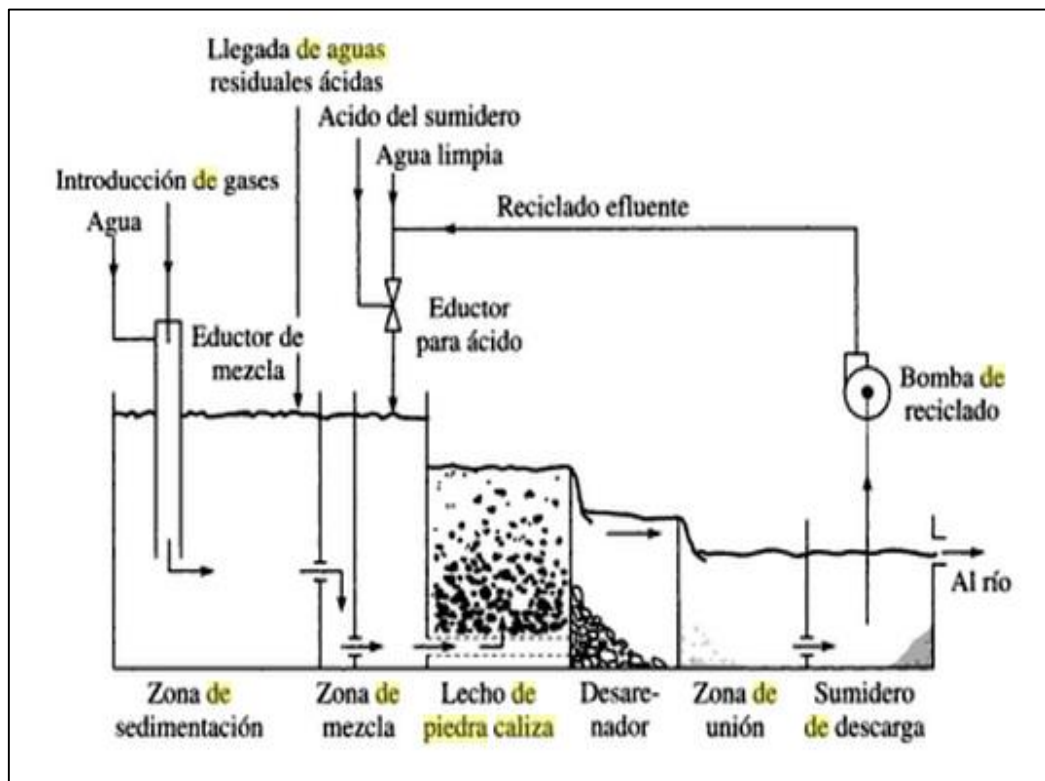
d) Calidad de los Materiales de Neutralización

Uno de los aspectos más importantes al considerar la eficiencia es la calidad de los materiales de neutralización. La calidad se fundamenta en los siguientes factores: pureza del material, forma química, tamaño de las partículas, y poder relativo de neutralización total (J. Espinosa y E. Molina, 1999).

e) Neutralización con Piedra Caliza

Un aparato de neutralización de acidez en lechos de piedra caliza para una mezcla de ácido clorhídrico y ácido sulfúrico en concentraciones variables, procedentes de la fabricación de determinadas resinas. Los vertidos se diluyen hasta que se obtiene una concentración menor del 1%; a continuación se hacen pasar, en sentido ascendente, por un lecho de piedra caliza de un metro de espesor y con un caudal promedio de 814 a 1221 l/min por m² de superficie de lecho. Esta instalación se ilustra en el diagrama 1. (Tully T. J., 1958).

DIAGRAMA N° 01. Sistema de Neutralización de Acidez de Aguas.



Fuente: Tully T. J., 1958.

2.2.2. Aguas Subterráneas.

a) Concepto de Aguas Subterráneas

La mayor parte del agua subterránea se origina del agua de lluvia infiltrada hasta los acuíferos después de fluir a través del subsuelo. Durante la infiltración, el agua puede cargar muchas impurezas; tales como, partículas orgánicas, detritus de plantas y animales, microorganismos, fertilizantes, etc. Sin embargo, durante su recorrido por el subsuelo mejora significativamente su calidad; las partículas suspendidas y microorganismos se retienen por filtración natural y las sustancias orgánicas se degradan por oxidación. Por otro lado, las sales disueltas, causantes de problemas como dureza y salinidad, no se remueven e incluso, se pueden incrementar considerablemente por la disolución de minerales del subsuelo. Otras sustancias o elementos frecuentemente presentes en las aguas subterráneas son: sulfatos, nitratos, fierro y manganeso, arsénico y flúor. En muchos casos el agua es de buena calidad y puede usarse y beber directamente sin tratamiento, aunque siempre es preferible la desinfección como barrera de seguridad para prevenir contaminación durante el manejo del agua. Las aguas de pozos pueden contener contaminación microbiológica proveniente de letrinas cercanas, tanques sépticos, sustancias orgánicas o sintéticas de productos agroquímicos (OPS-CEPIS, Lima 2005).

b) Sustancias Disueltas en el Agua Subterránea Natural. Principales Constituyentes Químicos.

A pesar de la gran variabilidad de los elementos presentes en el agua subterránea y de la de sus concentraciones, estos han sido clasificados, completando la clasificación de Freeze and Cherry (1979), por su frecuencia de aparición y valor de concentración decreciente en:

- Constituyentes mayoritarios o fundamentales.
 - Aniones : $(\text{HCO}^{-3} + \text{CO}^{-2}_4)$, Cl^{-} , SO^{-2}_4 , NO^{-3}
 - Cationes : Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} , K^{+} , NH^{+}_4
 - Otros : CO_2 , O_2 , SiO_4H_4 ó SiO_2

- Constituyentes minoritarios o secundarios.
 - Aniones : F⁻, S⁻², SH⁻, Br⁻, I⁻, NO⁻², PO⁻²⁴, BO⁻³
 - Cationes : Mn⁺⁺, Fe⁺⁺, Li⁺, Sr⁺⁺, Zn⁺⁺

- Constituyentes traza: Al⁺⁺⁺, Ti⁺⁴, Co⁺⁺, Cu⁺⁺, Pb⁺⁺, Ni⁺⁺, Cr⁺⁺⁺, etc.

Debe tenerse en cuenta, sin embargo que en condiciones particulares un constituyente minoritario puede alcanzar rangos de concentración que permitan incluirlo dentro de los mayoritarios. En un agua natural dulce estos constituyentes aparecen por lo general en forma iónica (sales casi totalmente disociadas). Con menor frecuencia se presentan en forma molecular, parcialmente disociadas o como iones complejos de sustancias orgánicas o inorgánicas (Freeze and Cherry, 1979).

c) Calidad del Agua.

El término calidad del agua es relativo y sólo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria. Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar. Bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial.

En este caso, se considera calidad del agua para consumo humano, lo que significa que podemos tomar como referencia los límites de concentración establecidos por las normas internacionales de calidad de agua para consumo humano determinando la calidad bacteriológica y química del agua (OPS-CEPIS, Lima 2005).

- **Calidad bacteriológica del agua**

En localidades donde el suministro de agua no es continuo o se extraen directamente desde las fuentes (superficial o subterránea), los

pobladores lo almacenan -en el nivel domiciliario- en recipientes de cualquier tipo con el fin de atender sus necesidades básicas de bebida, alimentación, aseo y otros. El criterio principal de selección del recipiente es su comodidad para la extracción y el acarreo del agua, antes que la conservación de su calidad bacteriológica.

Diversos estudios demuestran que la mayor parte de las veces, la calidad bacteriológica del agua en la fuente no es apta para bebida. Además el constante manipuleo intradomiciliario realizado para su extracción desde los recipientes de almacenamiento, conlleva a la recontaminación y al consiguiente deterioro de su calidad bacteriológica, aumentando de esta manera la probabilidad de que el agua se convierta en la causa del brote de algún tipo de enfermedad gastrointestinal, principalmente entre la población no atendida con servicios adecuados de disposición de excretas. Por las razones expuestas, los sistemas de mejoramiento de la calidad del agua en los domicilios, constituyen una alternativa para atender a las poblaciones que no cuentan con un sistema público de abastecimiento de agua. El objetivo es proveer a la población de agua de buena calidad para beber, cocinar, lavar la vajilla y para la higiene bucal, así como para desinfectar los alimentos que se consumen crudos, y de esta manera, contribuir al control de las enfermedades de origen hídrico.

- **Calidad química del agua**

Se considera que el agua es un solvente universal, debido a que es capaz de disolver o dispersar la mayoría de sustancias con las que tiene contacto, sean estas sólidas, líquidas o gaseosas, y de formar con ellas iones, complejos solubles e insolubles, coloides o simplemente partículas dispersas de diferente tamaño y peso. La presencia de sustancias químicas disueltas e insolubles en el agua — que pueden ser de origen natural o antropogénico— define su composición física y química.

Debido a la amplia gama de contaminantes, a los diferentes niveles de contaminación, así como a la cinética química de las sustancias, elementos, materia orgánica y microorganismos que se incorporan en el cuerpo de agua, es indispensable conocer las características físicas, químicas y biológicas del agua antes de seleccionarla como fuente de agua cruda.

Desde el punto de vista de la salud humana, el agua ayuda a eliminar las sustancias resultantes de los procesos bioquímicos que se desarrollan en el organismo humano, a través de los órganos excretores, en especial la orina y el sudor. Sin embargo, por esta misma propiedad, puede transportar una serie de tóxicos al organismo que pueden afectar a diferentes órganos, de manera reversible irreversible.

d) El Agua Potable

Se conoce con este nombre al agua que ha sido tratada con el objetivo de hacerla apta para el consumo humano, teniendo en cuenta todos sus usos domésticos y considerando tanto sus aspectos fisicoquímicos y criterios de calidad del agua para consumo humano (F. Solsona y J. Mendez, 2005).

- **Aspectos Fisicoquímicos**

Algunas especies biológicas y fisicoquímicas pueden afectar la aceptabilidad del agua para consumo humano. Por ejemplo:

- Su apariencia estética: turbiedad, olor, color, sabor y espuma.
- Su composición química: acidez, alcalinidad, aceites y grasas, compuestos orgánicos e inorgánicos en general.

Es necesario, asimismo, considerar las transformaciones químicas y bioquímicas a que están expuestos los contaminantes del ambiente acuático; las alteraciones químicas pueden afectar su disponibilidad biológica o tóxica (aumentarla o disminuirla). Poco se sabe acerca de estos procesos químicos, físicos y biológicos y sus mecanismos, a

pesar de que son indispensables para comprender los efectos en la salud del consumidor.

Por citar un ejemplo, aún no se entiende bien la relación que existe entre la dureza del agua y las trazas metálicas y los efectos en el organismo del consumidor, pero se sabe que estos factores pueden influir en la salud y tal vez estar relacionados con algunas enfermedades de la población en diferentes áreas geográficas.

- **Criterios de Calidad del Agua para Consumo Humano**

Los programas de control y vigilancia del agua potable requieren normas adecuadas que regulen la calidad del agua de consumo humano, que permitan seleccionar fuentes adecuadas de agua cruda y los procesos de tratamiento y distribución.

Las Guías de Calidad para Aguas de Consumo Humano de la OMS (cuadro 3) constituyen una herramienta válida referida a la calidad fisicoquímica del agua destinada al consumo del hombre. A partir de ellas cada país puede establecer sus propias normas y tener en cuenta los siguientes criterios básicos:

- Los valores establecidos para cada parámetro deben asegurar la aceptabilidad estética del agua y no representar riesgos para la salud del consumidor.

- La calidad del agua debe ser adecuada para el consumo humano y tomar en cuenta todos los usos domésticos.

- Los valores establecidos sirven como señal para que cuando se supere este valor:

- $\frac{3}{4}$ Se investigue la causa.
- $\frac{3}{4}$ Se consulte con las autoridades responsables de la salud pública.

Las autoridades deben asegurar que la calidad del agua sea aceptable para ser consumida durante toda la vida. Las metas señaladas están dirigidas a salvaguardar la salud del consumidor. Algunas exposiciones a contaminantes por periodos cortos pueden ser toleradas, siempre que el nivel de toxicidad se controle adecuadamente.

El no cumplimiento de las metas señaladas por corto tiempo no significa necesariamente que el agua deba ser descartada definitivamente para el consumo y por ello, la elaboración de las normas nacionales de calidad del agua potable debe tomar en cuenta consideraciones locales como la geografía, la situación socioeconómica, la dieta y las actividades industriales.

Aspectos fisicoquímicos. Las normas de calidad fisicoquímica del agua potable son muy estrictas respecto a sus regulaciones. Solo aquellas relacionadas con la preservación de la vida acuática son más exigentes. En el siguiente párrafo presentamos lo dispuesto por las regulaciones internas de la EPA (4) en Estados Unidos, las Guías de Calidad para Aguas de Consumo Humano de la OMS (3), las Guías de Calidad de Agua para Bebida del Canadá de 1978 (2) y los límites máximos permisibles de la normatividad peruana (Ley General de Aguas) para el agua potable (1); ver cuadro 3.

CUADRO 03. Criterios de Calidad para el Agua Potable

		Regulaciones Internas Primarias (4)	Guías de Calidad para el Agua de Bebida del Canadá - 1978 (2)	Guidelines for Drinking Water Quality OMS - 1996 (3)	Límites Máximos Permisibles para el Agua Potable - Perú
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	Nivel Máximo del Contaminante	Concentración Máxima Aceptable	Valor Guía	lpm
FISICOS					
Color	TCU	-	15	15	15
Sabor y Olor		Aceptable	-	Aceptable	Aceptable
Turbiedad	UNT	5	5	5	5
INORGANICOS					
Aluminio	mg/L	-	-	0.2	0.2
Amonio	mg/L	-	-	1.5	
Antimonio	mg/L	0.005	-	0.005	0.020
Arsénico	mg/L	0.05	0.05	0.01	0.01
Bario	mg/L	2	1	0.7	0.7
Boro	mg/L	-	5	0.3	1.5
Cadmio	mg/L	0.005	0.005	0.003	0.003
Cianuro	mg/L	0.2	0.2	0.07	0.07
Zinc	mg/L	-	5	3	3.0
Cloro	mg/L	-	-	5	
Cloruro	mg/L	-	250	250	250
Cobre	mg/L	1.3	1	2	2
Cromo (total)	mg/L	0.1	0.05	0.05	0.05
Fluoruro	mg/L	4	1.5	1.5	
Hierro	mg/L	-	0.3	0.3	0.3
Manganeso	mg/L	-	0.05	0.5	0.4
Mercurio	mg/L	0.002	0.001	0.001	0.001
Nitrato (como N)	mg/L	10	10	50	0.01
Nitrito (como N)	mg/L	1	1	3	
pH	-	-	6.5 - 8.5	-	6.5 - 8.5
Plata	mg/L	-	0.05	-	0.05
plomo	mg/L	0.015	0.05	0.01	0.01
Selenio	mg/L	0.05	0.01	0.01	0.01
Sulfato	mg/L	-	500	250	250
Sulfuros (H ₂ S)	mg/L	-	0.05	0.05	
Solidos disueltos	mg/L	-	500	1000	1000

Fuente: Elaboración propia, a partir de normatividades internacionales en comparación con la nacional

e) La Acidez del Agua

Un ácido es una sustancia que tiende a entregar protones (iones hidrogeno). Por otro lado, una base es cualquier sustancia que acepta protones. La acidez de una solución está determinada entonces por la actividad de los iones hidrogeno (H⁺). Haciendo uso de estos principios químicos, la acidez en el agua se determina midiendo la actividad del H⁺ en la solución y se expresa con un parámetro denomina potencial de hidrogeno (pH).

Los ácidos se disocian poco y en las soluciones acuosas se presentan concentraciones muy bajas de iones H^+ , tan bajas que es difícil presentarlas numéricamente en términos de molaridad. Por esta razón se define el pH en forma logarítmica. En realidad el pH se define como el inverso del logaritmo de la actividad de iones H^+ de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$pH = \log \frac{1}{(H^+)} \dots (1)$$

Así, a pH 7.0 por ejemplo, la actividad (concentración) de iones H^+ es igual a 0.0000001 moles de H^+ por litro. El inverso de 0.0000001 es igual a 10000000 y el logaritmo de este número es 7. La escala del pH cubre un rango que va de 0 a 14. Un valor de 7.0 es neutro (igual número de iones H^+ y OH^- en la solución), mientras que valores menores que 7.0 son ácidos y valores mayores que 7.0 son básicos (J. Espinosa y E. Molina, 1999).

f) Alcalinización

En los diversos métodos que se ven con respecto a la remoción de metales, uno de los requisitos importantes para la realización de los tratamientos es el acondicionamiento del agua a un pH determinado (generalmente $pH > 7$), es por ello que se tendrá en cuenta el proceso de alcalinización (F. Solsona y J. Mendez, 2005).

- **Alcalinidad**

Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. Sin embargo, aniones de ácidos débiles (bicarbonatos, carbonatos, hidróxido, sulfuro, bisulfuro, silicato y fosfato) pueden contribuir a la alcalinidad. La alcalinidad está influenciada por el pH, la composición general del agua, la temperatura y la fuerza iónica. Por lo general, está presente en las aguas naturales como un equilibrio de carbonatos y bicarbonatos con el ácido carbónico, con tendencia a que prevalezcan los iones de bicarbonato. De ahí que un agua pueda tener baja alcalinidad y un pH relativamente alto o viceversa.

La alcalinidad es importante en el tratamiento del agua porque reacciona con coagulantes hidrolizables (como sales de hierro y aluminio) durante el proceso de coagulación. Además, este parámetro tiene incidencia sobre el carácter corrosivo o incrustante que pueda tener el agua y, cuando alcanza niveles altos, puede tener efectos sobre el sabor. Durante el tratamiento, las aguas crudas de muy baja alcalinidad pueden requerir la adición de un alcalinizante primario (como el hidróxido de calcio).

La EPA no hace recomendaciones respecto a la alcalinidad en fuentes de agua, ya que esta se liga a factores como el pH y la dureza, pero concluye que una fuente no debe mostrar cambios bruscos o repentinos en el contenido de la alcalinidad, pues esto podría indicar un cambio en la calidad del agua (F. Solsona y J. Mendez, 2005).

- **pH**

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua y podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, pero puede influir en algunos procesos de tratamiento del agua. Por lo general, las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH en el rango de 5 a 9. Se recomienda que el pH de las aguas tanto crudas como tratadas debería estar entre 5.0 y 9.0. Este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua. Las guías canadienses han establecido el rango de pH 6.5 a 8.5 para el agua potable. Con la ayuda de los conceptos anteriormente descritos, se puede decir que, la alcalinización es un proceso en la cual se adiciona un álcali (por lo general, cal – CaO), cuando se tratan aguas acidas o se quiere modificar el pH (F. Solsona y J. Mendez, 2005).

2.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

Manantial. Un manantial o naciente es una fuente natural de agua que brota de la tierra o entre las rocas. Puede ser permanente o temporal. Se origina en la filtración de agua, de lluvia o de nieve, que penetra en un área y emerge en otra de menor altitud, donde el agua no está confinada en un conducto impermeable.

Acuífero. Un acuífero es una capa de agua que se almacena y transmite en un estrato rocoso permeable de la litósfera de la Tierra, saturando sus poros o grietas y que puede extraerse en cantidades económicamente aprovechables realizando excavaciones profundas.

Aguas Subterráneas. El agua subterránea se encuentra debajo del suelo entre grietas y espacios que hay en la tierra, incluyendo arena y piedras. El área donde se acumula el agua en las grietas se llama la zona saturada. La parte de arriba de esta área se le conoce como el nivel freático. El nivel freático puede encontrarse a un pie del suelo como a cientos de pies debajo de la superficie.

Infiltración. La infiltración es el proceso por el cual el agua de la superficie de la tierra entra en el suelo. La capacidad de infiltración depende de muchos factores; un suelo desagregado y permeable tendrá una capacidad de infiltración mayor que un suelo arcilloso y compacto.

Calidad del Agua. Agua que cumple con las normas nacionales de calidad según el uso o la aplicación que se le pretende dar. La calidad del agua puede ser muy variable, como por ejemplo el agua para la agricultura y el agua para consumo humano.

Caudal de Agua. Es la cantidad de agua que brota de un manantial en un determinado tiempo, sus unidades de medida son L/seg.

Contaminación del Agua. Es el efecto de contaminar el agua por condiciones naturales o acciones del hombre modificando las propiedades del agua y haciéndolas de mala calidad o no apto para el consumo humano.

Tratamiento del Agua. Es la acción de reducir los parámetros contaminantes del agua llevándolos dentro de los límites máximos permisibles, en las formas de tratamiento del agua intervienen factores físicos, químicos y biológicos por acciones naturales o mecánicas.

Neutralización del Agua. Es el proceso de elevar o reducir el pH a un rango intermedio empleando un material neutralizante, haciendo que el agua deje de ser ácido o básico.

pH. Parámetro fisicoquímico del agua con rango de valores de 0 a 14, la cual nos indica si un agua es ácido cuando su pH varía de 0 a 6.9 o si es básico cuando su pH varía de 7.1 a 14. El pH 7 nos indica que el agua tiene pH neutro.

Material Neutralizante. Es cualquier material ya sea natural (como la piedra caliza) o químico que posee características básicas, estos materiales en solución acuosa forman el ion OH^- que reaccionan con el ion H^+ neutralizando la acidez del agua.

Piedra Caliza. Es un material natural de color blanco a gris según su composición (su nombre químico es el carbonato de calcio) que puede ser explotado de las canteras.

Lecho de Material Neutralizante. El lecho de material neutralizante está formado por partículas de granulometría graduada. Estas partículas pueden ser arena, grava u otros materiales granulados. El caudal de agua dependerá del tamaño efectivo de la superficie del lecho y de la velocidad del agua a través del mismo.

Composición. Acción y efecto de componer en partes un todo; ya sea en masa, peso, volumen, etc., un material puede estar compuesto por más de un componente; las cuales tienen un porcentaje de representatividad y la sumatoria de todos los componentes vendría a ser el 100%.

Cantera. Una cantera es una explotación minera, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales o áridos. Las canteras suelen ser explotaciones de pequeño tamaño, aunque el conjunto de ellas representa, probablemente, el mayor volumen de la minería mundial.

Materia Prima. Es la materia extraída de la naturaleza y que se usa como componente principal para la elaboración de determinados trabajos que sin la materia prima no serían posibles su elaboración.

Solución Acuosa. Es cuando un compuesto o sustancia se disuelve en el agua y este debe tener menor proporción que el disolvente (agua).

Parámetro. Se le llama parámetro a toda sustancia presente en el agua y q no debe estar presente, sus concentraciones pueden cuantificables realizando los análisis correspondientes; ya sea analizando los parámetros fisicoquímicos (como la turbiedad, sulfatos, nitratos, etc.) o los parámetros bacteriológicos.

Límite Máximo Permisible. Es el rango de valores de las concentraciones de los parámetros del agua, que si se encuentran dentro de este rango sin sobrepasar la concentración más alta se dice que se encuentra de los límites máximos permisibles, y si sobrepasan, serían perjudiciales para la salud.

Metales Pesados. Es la presencia de metales en el agua y que forman parte de los contaminantes, estos pueden ser como el plomo, mercurio, cadmio, arsénico, cobre, etc. y la presencia de ellos y si sobre pasan los

límites máximos permisibles según legislación nacional de agua serían perjudiciales para la salud.

Ion. Un ion es una partícula cargada eléctricamente constituida por un átomo o molécula que no es eléctricamente neutra. Conceptualmente esto se puede entender como que, a partir de un estado neutro de un átomo o partícula, se han ganado o perdido electrones; este fenómeno se conoce como ionización.

Titulación. La titulación o valoración es un método de análisis químico cuantitativo en el laboratorio, que se utiliza para determinar la concentración desconocida de un reactivo conocido. Debido a que las medidas de volumen juegan un papel fundamental en las titulaciones, se le conoce también como análisis volumétrico.

Quimismo. Conjunto de transformaciones químicas que se producen en un fenómeno fisiológico como pueda ser la digestión.

Reacción Química. Una reacción química, cambio químico o fenómeno químico, es todo proceso termodinámico en el cual una o más sustancias, por efecto de un factor energético, se transforman, cambiando su estructura molecular y sus enlaces, en otras sustancias llamadas productos.

Grado de Actividad. Los efectos de la actividad son el resultado de las interacciones entre los iones, tanto electrostáticas como covalentes. La actividad depende de la temperatura, presión y composición y en condiciones favorables el grado de actividad de los materiales incrementa.

OPS. Organización panamericana de la salud.

CEPIS. Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente.

OMS. Organización mundial de la salud.

CAPITULO III

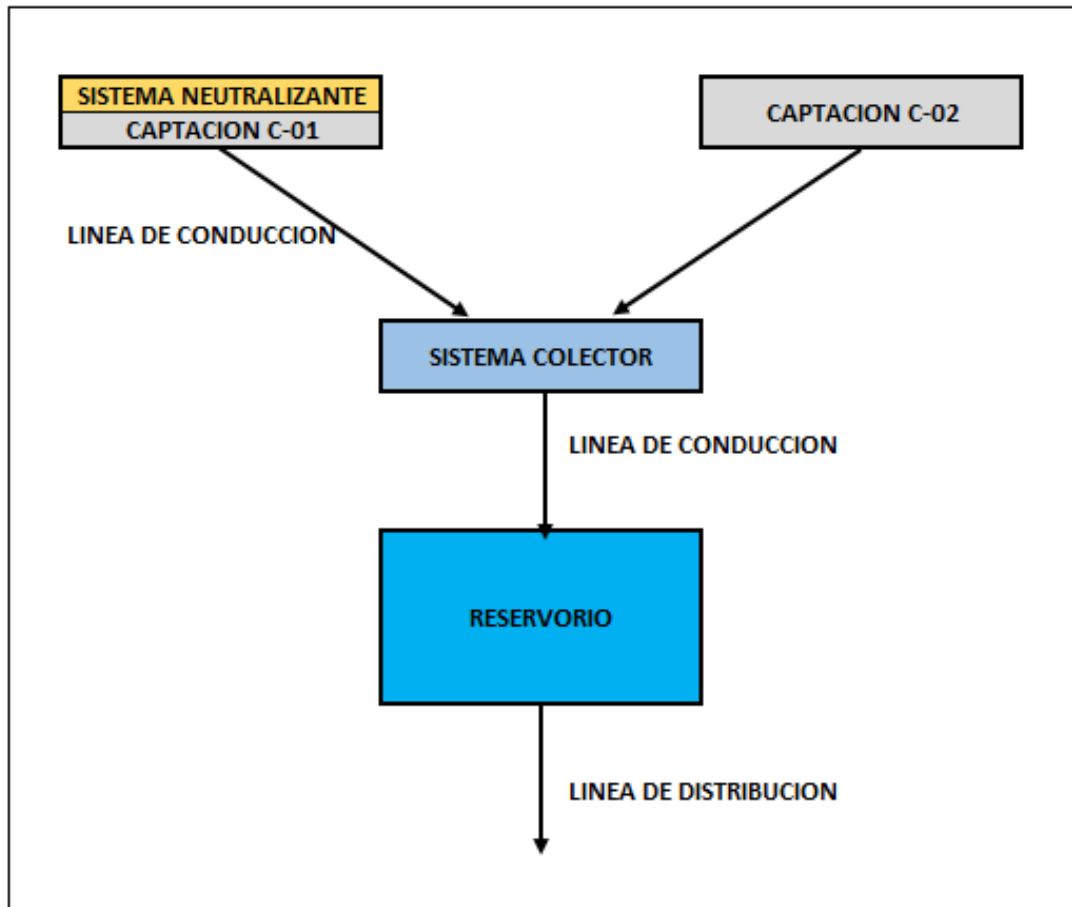
3. PROPUESTA TECNICA DE LA INVESTIGACION

3.1. DESCRIPCION TECNICA DEL PROBLEMA

En la Comunidad Pias Tusine Grande se viene ejecutando el proyecto de abastecimiento de agua potable que estará constituida por todo un sistema de componentes; existiendo 02 fuentes de captación tipo ladera, pasando secuencialmente por las cámaras rompe presión, sistemas colectores, línea de conducción, reservorio, líneas de distribución y finalizando en las conexiones domiciliarias.

Pero el problema, es que una de las fuentes naturales de agua con caudal de 0.15 L/s presenta un pH ácido igual a 4.1 dentro de la escala de valores según los resultados de análisis sometidos en laboratorio, y que según el reglamento nacional de la calidad de agua para consumo humano los, valores de pH deben encontrarse dentro del rango de $6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$; motivo por el cual, el valor del pH de la fuente debe ser corregido mediante la incorporación de una unidad adicional de tratamiento dentro del sistema de agua potable, a lo cual le llamaremos sistema neutralizante de flujo ascendente continuo.

DIAGRAMA N° 02. Incorporación del sistema neutralizante en la captación de agua.



Fuente: Elaboracion Propia.

En el diagrama N° 02, podemos apreciar que el sistema neutralizante debe ser implementado justo en el punto mismo de afloramiento del agua, debido a que lo primero que debe realizarse es el tratamiento de neutralización de acidez para evitar posibles incrustaciones o corrosión en los accesorios o estructuras del sistema de agua potable.

3.2. PROPUESTA TECNICA EXPERIMENTAL

3.2.1. Fundamentación

Con la propuesta técnica, y conociendo la acidez natural del agua que presenta el manantial en estudio con un valor de pH igual a 4.1, es que se pretende corregir este valor de pH mediante un proceso de neutralización de flujo ascendente continuo con lecho de piedra caliza chancada, con el propósito de llevar el pH a valores de entre 6.5 y 8.5; de este modo, se lograría con el cumplimiento de las normas nacionales de calidad de agua para consumo humano. Lo cual se

realizara de manera experimental en una unidad de neutralización, y que posteriormente se pueda implementar en un componente estructural del proyecto de agua potable a escalas reales.

3.3. DESCRIPCION TECNICA DE LA UNIDAD DE NEUTRALIZACION

3.3.1. Materiales e Insumos

a. Tanque de Recepción de Agua Cruda

El material utilizado para este tanque es de material polietileno de alta densidad (HDPE) de 600 L de capacidad, el material será de características termoplástico de alta resistencia térmica, con soporte de temperatura de operación máxima de 60°C, material certificado por la FDA (Food & Drug Administration USA) N° 177.1520; la cual es fabricado bajo las normas ASTM 1998-97 para tanques plásticos verticales.

El tanque se encuentra instalado en la parte inicial del equipo experimental, con el objeto de recepcionar el agua cruda del manantial, y este será el primer componente de todo el sistema de neutralización.

b. Tanque de Neutralización

En este punto, y como segundo componente del sistema de neutralización se instala 02 recipientes de polímero de alta densidad que cumplen la función de recipiente del lecho de piedra caliza, este tanque tiene un volumen de 20 L, donde el caudal de agua cruda ingresa por la parte inferior del recipiente, y de manera ascendente atraviesa completamente el lecho de piedra caliza chancada.

es en esta unidad donde ocurre el proceso de neutralización de pH en función al tiempo de retención que se da en este punto o en función al tiempo de contacto del agua con el medio neutralizante; es decir, desde el primer segundo de contacto agua – piedra caliza hasta el

último segundo de contacto; luego de ese tiempo transcurrido, el agua tratada será evacuada por la parte superior hacia el siguiente componente, y en el punto de salida de esta unidad se colocara una trampa en U con la finalidad de evitar el ingreso de aire a su interior, ya que lo que se busca es que todo el proceso de neutralización ocurra en medio anóxico.

c. Receptores de Agua Tratada

Se utiliza 02 recipientes de 4 L, con el fin de recepcionar el agua tratada y poder tomar las muestras con el propósito de realizar las lecturas de los valores de pH, este valor se encuentra dentro de los rangos permisibles y es aceptado por la norma nacional de agua para consumo humano.

d. Sistema de Tuberías

Se utilizan tuberías resistentes a la acción del pH ácido como a los gases u otros agentes corrosivos; esta recomendación incluye a los accesorios y válvulas que se encuentran en toda la línea del sistema neutralizante, las cuales son generalmente de PVC, teflón u otro material que recomienda la Norma OS – 020, del Reglamento Nacional de Edificaciones.

El sistema de tuberías se encuentra instalado en la conexión hacia el tanque de recepción de agua cruda, y de ese punto hacia los tanques de neutralización y finalmente concluye en los recipientes de agua tratada; en todo el sistema se utilizan conectores y/o accesorios de PVC de ½”.

e. Plataforma Metálica

La plataforma se emplea para el soporte o descanso de los tanques de recepción de agua cruda y de los tanques de neutralización, debido a la carga por el peso propio de estos tanques.

Para el diseño se emplean aceros de medidas de 25x25x2.0 en mm con propiedades según las normas técnicas de tolerancia en

dimensiones del sistema métrico ASTM A36/A36M, que son empleados en el sector industria, almacenes y armaduras de techos de grandes luces.

f. Lecho de Piedra Caliza Chancada

El tiempo de retención debe ser todo lo necesario hasta que la neutralización alcance los valores deseados y el porcentaje de pureza de la caliza debe ser mayor o igual al 70% para que se genere las reacciones correspondientes de neutralización (Watzlaf, 1997 y USEPA, 2000).

El acondicionamiento del lecho de piedra caliza (carbonato de calcio) chancada se realiza una vez que esta haya sido triturada hasta llegar a tener tamaños de partícula de entre 1" – 2"; donde el lecho ocupa todo el volumen de los tanques de neutralización, el caudal de ingreso de agua cruda es definido por el manantial y la sección de paso de agua está definida por el propio recipiente. Este será el punto donde se haga ingresar el agua mediante flujo continuo ascendente para que el agua atraviese continuamente toda la altura del lecho y a través de toda la sección de manera uniforme, en la cual se controlaran estrictamente los parámetros intervinientes para lograr una eficiente neutralización. De donde finalmente, y de todas las pruebas realizadas se realizara la recolección de datos, así como las variaciones de pH esperados.

3.3.2. Equipos e Indumentaria Necesaria

a. Chancadora tipo Martillo

Por la pequeña cantidad de piedra caliza que es utilizado, y por tratarse de una experimentación a escala laboratorio, es que utilizamos un martillo común con mango de madera de 29 mm para realizar el proceso de chancado y obtener piedra caliza chancada con granulometría de entre 1" a 2"

b. Guantes de Seguridad

Se utiliza un par de guantes de seguridad de cuero para el momento de realizar el chancado del material neutralizante, con el propósito de evitar lesiones a las manos de la persona.

c. Lentes de Seguridad

Las gafas de seguridad se utilizan para el cuidado de los ojos del individuo antes cualquier posible salpicadura de partículas de piedra caliza al momento de realizar la trituration.

d. Mascarilla de Protección de Polvos

Se emplea una mascarilla de seguridad con filtro de partículas finas (polvo) que podrían ser inhalados al momento de realizar el proceso de trituration.

e. Medidor de pH (pH-metro) HANNA HI 9828

Este equipo se emplea con el propósito de realizar las lecturas y/o mediciones consecutivas de pH; estas lecturas serán realizadas tanto en campo como en laboratorio de análisis de aguas para su respectiva certificación.

f. Papel pH

El papel pH lo utilizamos como método alternativo e in situ para identificar las variaciones del pH del agua a cada hora.

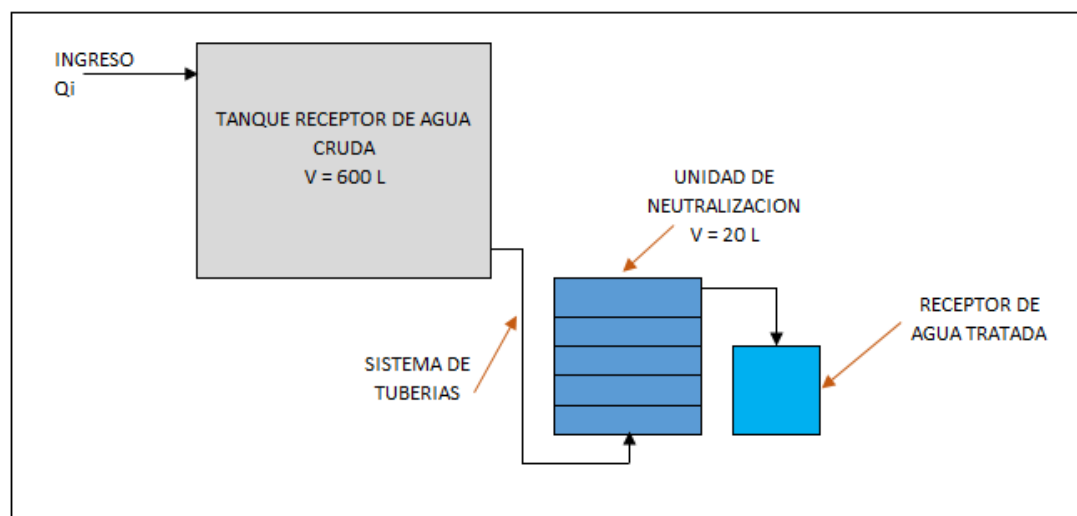
3.3.3. Montaje

Para realizar el montaje del sistema de neutralización a escala experimental, se debe contar con todos los materiales e insumos requeridos y mencionados en la parte superior; posteriormente identificamos la ubicación adecuada a uno de los costados del manantial donde pueda permanecer libremente durante todo el tiempo del proceso de experimentación; en primer lugar, tomamos las aguas de la fuente para recepcionarlo en el tanque receptor de agua cruda, para luego pasarlo a los tanques o unidades de neutralización

de piedra caliza, y finalmente, el agua tratada será recepcionada en pequeños recipientes donde concluirá el sistema de tratamiento y neutralización; todas las conexiones entre tanque – tanque serán realizadas con tuberías de PVC y/o materiales flexibles recomendados con diámetros de 2”, al igual que los accesorios para controlar los flujos de agua de ingreso y salida.

En el siguiente diagrama, mostramos el esquema grafico del funcionamiento del sistema de neutralización de flujo ascendente continuo; la cual está compuesto por: tanque receptor de agua cruda, tanque o unidad de neutralización y un recipiente donde se descargara el agua tratada; todos ellos interconectados mediante sistemas de tuberías solidas y/o flexibles según sea el caso, además todo el sistema deberá descansar sobre una plataforma para que pueda operar en forma adecuada y según las pendientes requeridas.

DIAGRAMA N° 03. Diagrama del sistema neutralizante.



Fuente: Elaboracion Propia.

3.3.4. Materiales y Costos de Implementación del Sistema de Neutralización de Flujo Ascendente Continuo

En el siguiente cuadro, se muestra los materiales y costos para la implementación del sistema de neutralización de flujo ascendente continuo, para el sistema de abastecimiento de agua potable en poblaciones rurales, y a continuación se detalla:

CUADRO N° 04. Costos de Implementación del Sistema de Neutralización.

PARTIDA	DESCRIPCION	U.M.	CANT.	C.U.	C.P. (S/.)
01	SISTEMA DE NEUTRALIZACION DE FLUJO ASCENDENTE CONTINUO				5106.00
01.01	EQUIPOS PARA EL SISTEMA DE NEUTRALIZACION				780.00
01.01.01	TANQUE PARA RECEPCION DE AGUA CRUDA	Und.	1.0000	650.00	650.00
01.01.02	TANQUE PARA NEUTRALIZACION	Und.	2.0000	50.00	100.00
01.01.03	RECIPIENTE PARA AGUA TRATADA	Und.	2.0000	15.00	30.00
01.02	ACCESORIOS PARA EL SISTEMA				126.00
01.02.01	CODO PVC 90° - 1/2"	Und.	17.0000	1.00	17.00
01.02.02	UNION UNIVERSAL PVC 1/2"	Und.	2.0000	3.00	6.00
01.02.03	TEE PVC 1/2"	Und.	2.0000	1.00	2.00
01.02.04	TUBO PVC 1/2"	Und.	1.0000	10.00	10.00
01.02.05	NIPLE PVC 1/2"	Und.	6.0000	1.00	6.00
01.02.06	LLAVE DE PASO PVC 1/2"	Und.	4.0000	5.00	20.00
01.02.07	SILICONA ANTICORROSIVA	Und.	1.0000	35.00	35.00
01.02.08	CINTA TEFLON 1/2"	Und.	10.0000	1.00	10.00
01.02.09	TARRAJA 1/2"	Und.	1.0000	20.00	20.00
01.03	PLATAFORMA DE METAL Y MADERA	glb.	1.0000	500.00	500.00
01.04	INSUMOS				800.00
01.04.01	PIEDRA CALIZA CHANCADA DE 2"	m3	1.0000	800.00	800.00
01.05	MATERIALES Y HERRAMIENTAS				700.00
01.05.01	MATERIALES	glb.	1.0000	500.00	500.00
01.05.02	HERRAMIENTAS	glb.	1.0000	200.00	200.00
01.06	FLETE	glb.	1.0000	200.00	200.00
01.07	SERVICIOS TECNICOS				2000.00
01.07.01	TECNICO	glb.	1.0000	1500.00	1500.00
01.07.02	ANALISIS DE AGUAS EN LABORATORIO	glb.	1.0000	500.00	500.00

Fuente: Elaboración Propia.

Según el cuadro, podemos apreciar que los costos para la implementación del sistema de neutralización por flujo ascendente continuo para el proyecto de agua potable en la comunidad de Pias Tusine Grande ascienden a S/. 5106.00 nuevos soles; y gracias a ello es que podemos implementar un sistema similar en cualquier otro proyecto de abastecimiento de agua potable que presente los mismos problemas de acidez de sus fuentes de agua.

3.3.5. Planteamiento del Componente Estructural

Una vez encontrados los valores esperados experimentalmente, se plantea la implementación de un componente estructural a escala real dentro de las partidas durante la ejecución de la obra; la cual funcionara bajo el principio de los filtros de flujo ascendente continuo

con lecho de piedra caliza chancada; la cual será construido completamente a base de concreto armado, donde el espesor de los muros y la tapa tendrán una dimensión de 0.15 m, las cuales deben encontrarse completamente sellados en los encuentros con el propósito de evitar el ingreso de oxígeno que podría interferir en el proceso de neutralización; y al mismo tiempo, el volumen interno del componente estructural será de 2.25 m³, donde la piedra chancada ocupara todo el volumen interno; el lecho filtrante o piedra chancada se colocara sobre una base de terreno natural compactada e impermeabilizada para evitar la infiltración del agua debajo de la superficie, el ingreso de agua será por medio de ladera que lentamente iniciara el proceso de inundación y neutralización; y finalmente, el agua tratada será evacuada de dicho componente hacia la cámara húmeda por rebose mediante una trampa en U para evitar el ingreso de oxígeno al interior del componente; los parámetros de diseño para el dimensionamiento del sistema de neutralización serán las siguientes:

Cuadro N° 05. Parámetros de diseño para el dimensionamiento del sistema neutralizante.

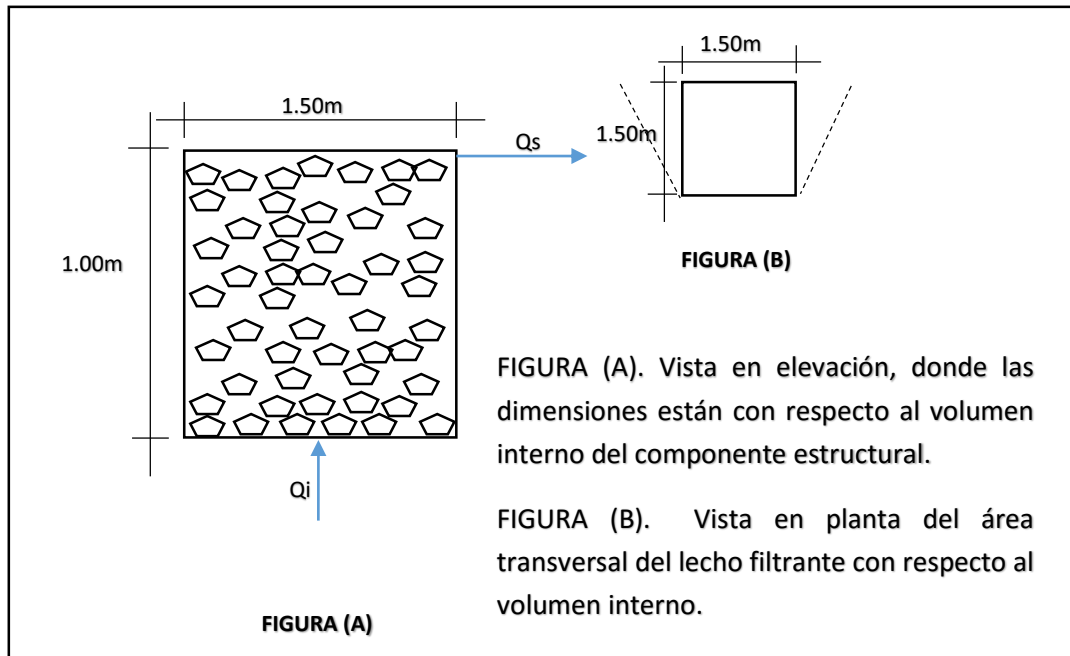
PARAMETRO	VALOR
Caudal de ingreso	0.15 L/s
Densidad de la grava caliza	1643.00 kg/m ³
Porosidad	43.00%
Tiempo de retención	4.2 Hrs
Periodo de vida de la grava caliza	4380.00 Hrs
Alcalinidad esperada	300.00 mg CaCO ₃ /L
Porcentaje de pureza de la caliza	90.00%
Tamaño de partícula de piedra caliza	2"

Fuente: Elaboración propia.

En base al caudal del manantial y el tiempo de retención requerido se obtiene que el volumen necesario es de 2.25 m³, y en base a la densidad de la grava caliza y el volumen del sistema neutralizante determinamos la carga de la grava caliza que ejercerá sobre el terreno natural, y este valor es de 3696.75 kg.

En la siguiente figura, mostramos las vistas en corte y elevación del componente estructural de neutralización planteado; la cual se detalla de la siguiente forma:

GRAFICO N° 01. Planteamiento del componente estructural.



Fuente: *Elaboración Propia.*

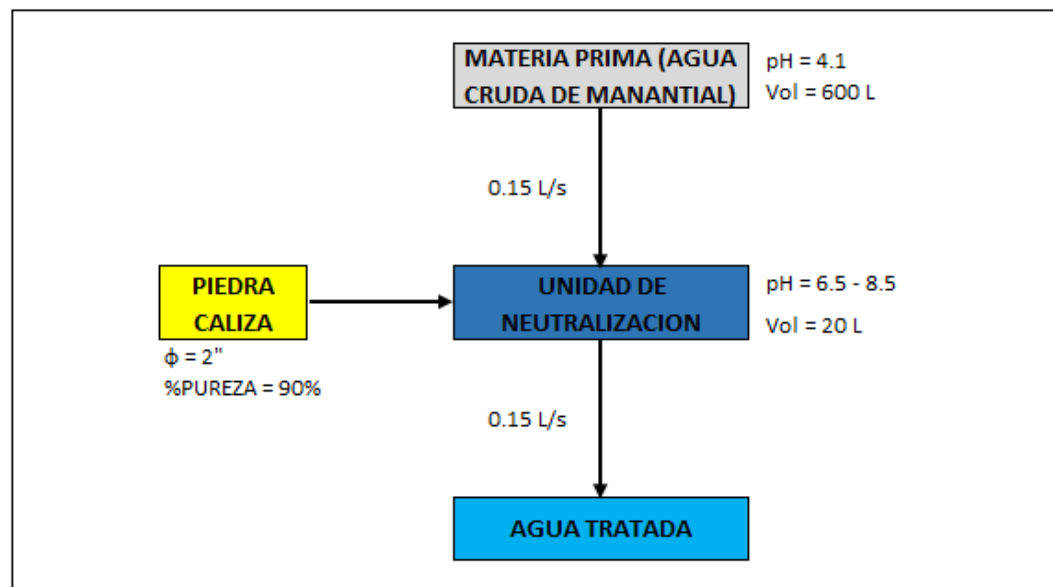
Para mayor detalle, describiremos las características adicionales del componente estructural; las dimensiones que a continuación se detallan, se encuentran todos en función al área interna del componente estructural:

Altura del componente estructural	: 1.00 m
Base del componente estructural	: 1.50 m
Volumen del componente estructural	: 2.25 m ³
Altura del lecho filtrante	: 1.00 m
Área transversal del lecho filtrante	: 2.25 m ²
Tamaño de partícula del lecho	: 2"
Diámetro de salida de agua	: 1½"

3.3.6. Procedimiento Experimental

Mediante el siguiente diagrama de flujo damos a conocer el procedimiento a realizar para la puesta en marcha del sistema de neutralización de flujo ascendente continuo con piedra caliza.

DIAGRAMA N° 04. Esquema de la unidad de neutralización de agua.



Fuente: *Elaboración Propia*

a. Puesta en marcha del sistema de neutralización

Para poner en marcha el sistema de neutralización de flujo ascendente continuo con piedra caliza; en primer lugar, debemos contar con todos los insumos, materiales e instrumentos requeridos con el propósito de evitar contratiempos y/o inconvenientes; inmediatamente procedemos con la puesta en marcha correspondiente siguiendo el procedimiento:

- Acondicionamos el área de trabajo en un radio de 2 m alrededor del manantial, verificando y contrastando las pendientes necesarias para poner en funcionamiento el proceso.
- Preparamos los orificios de entrada y salida con diámetros de ½" para cada uno de los tanques a emplear durante la experimentación.

- Realizamos el acondicionamiento del manantial para captar el agua y recepcionarlo en el tanque colector de 600 L.
- Llenamos tres tanques de neutralización con 0.02 m³ de piedra caliza chancada de 1", 2" y 3" respectivamente, y sellamos las tapas con silicona anticorrosiva para evitar el ingreso de oxígeno al interior de la unidad neutralizante, y colocamos recipientes en la salida de cada tanque con el propósito de recepcionar el agua tratada.
- Armamos las líneas de conducción, incluyendo todos los accesorios y/o controladores de caudal, desde la fuente misma de agua manantial y finalizando en el recipiente colector de agua tratada; una vez concluido este procedimiento, realizamos las conexiones a cada uno de los tanques correspondientes.

b. Acondicionamiento del caudal de operación

Una vez montado el sistema experimental de neutralización de flujo ascendente continuo, iniciamos con la calibración del sistema en función al caudal de operación requerido dentro de la unidad de neutralización, y esto será de la siguiente manera:

Conociendo el caudal del manantial que es de 0.15 L/s, y el tiempo de retención de 4.2 hrs para un volumen de 2.25 m³; llevamos estos parámetros a escala laboratorio, donde el caudal de ingreso a la unidad neutralizante será de 1.33 mL/s para un volumen de 0.02 m³.

Para lograr este caudal de ingreso experimental, la calibración será mediante el juego de la llave de paso o ingreso a la unidad de neutralización, la que quedara prácticamente cerrado en un 95%; donde este caudal será definido mediante aforo volumétrico para garantizar el volumen real de 1.33 mL por cada segundo.

c. Procedimiento de Toma y Análisis de Muestras

- **Toma de muestra**

La toma de muestras para la presente investigación se realizara del efluente de la unidad neutralizante o del recipiente de agua tratada, en un volumen de 0.5 L; las muestras serán tomadas en frascos de plástico sanitario y completamente esterilizados, según recomienda las normas peruanas de análisis de aguas, y el procedimiento se realizará para cada tamaño de partícula (1", 2" y 3") de piedra caliza de manera independiente, y se llevara de la siguiente forma:

CUADRO N° 06. Periodos de toma de muestra.

FECHA DE MUESTREO	DIA DE MUESTREO	N° MUESTRA	HORA DE MUESTREO	VOL. (mL)	TEMPERATURA (°C)
SEMANA 1	1	M -1	t1	500	T1
		M -2	t2	500	T2
		M -3	t3	500	T3
		M -4	t4	500	T4
SEMANA 2	8	M -1	t1	500	T1
		M -2	t2	500	T2
		M -3	t3	500	T3
		M -4	t4	500	T4
SEMANA 3	15	M -1	t1	500	T1
		M -2	t2	500	T2
		M -3	t3	500	T3
		M -4	t4	500	T4
...
SEMANA 8	50	M -1	t1	500	T1
		M -2	t2	500	T2
		M -3	t3	500	T3
		M -4	t4	500	T4

Fuente: Elaboración Propia.

- **Análisis de muestras**

Las muestras son trasladadas a los laboratorios de la Universidad Nacional del Altiplano de la ciudad de Puno, donde se medirán los valores de pH y temperatura con el equipo multiparamétrico HANNA, este análisis será realizado por un especialista de calidad de aguas en el laboratorio.

CAPITULO IV

4. PRESENTACION, INTERPRETACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

4.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACION DE RESULTADOS

En el presente capítulo se presenta las tablas y gráficos estadísticos, referente al sistema de neutralización con piedra caliza durante el proceso del análisis de la acidez del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable para el consumo humano en la Comunidad Campesina de Pias Tusine Grande, Distrito y Provincia de Lampa de la Región Puno - 2015, cuyo procesamiento de datos fueron elaborados haciendo uso del paquete estadístico SPSS y Microsoft Excel.

En los cuadros N° 07, 08 y 09 se resumen los valores de pH obtenidos en laboratorio en función a la granulometría del material neutralizante con diámetros de 1", 2" y 3" respectivamente con respecto al tiempo.

CUADRO N° 07. Toma de muestras de agua tratada en campo para $\phi = 1''$.

FECHA DE MUESTREO	DIA DE MUESTREO	N° MUESTRA	HORA DE MUESTREO	VOL. (mL)	pH	TEMPERATURA (°C)
03/10/2015	1	M - 01	08:15	500	5.61	8.3
		M - 02	12:35	500	6.93	14.7
		M - 03	14:15	500	7.11	15.2
		M - 04	16:15	500	7.13	12.6
10/10/2015	8	M - 01	07:30	500	7.82	6.4
		M - 02	11:50	500	7.82	10.9
		M - 03	13:30	500	7.83	14.3
		M - 04	15:30	500	7.85	15.4
17/10/2015	15	M - 01	07:05	500	8.21	7.3
		M - 02	11:25	500	8.22	12.4
		M - 03	13:05	500	8.22	15.1
		M - 04	15:05	500	8.3	14.5
24/10/2015	22	M - 01	07:00	500	8.86	4.4
		M - 02	11:20	500	8.86	10.8
		M - 03	13:00	500	8.86	13.6
		M - 04	15:00	500	8.87	12.9
31/10/2015	29	M - 01	07:10	500	6.53	6.4
		M - 02	11:30	500	6.51	8.5
		M - 03	13:10	500	6.52	13.8
		M - 04	15:10	500	6.52	13.4
07/11/2015	36	M - 01	07:12	500	5.73	6.1
		M - 02	11:32	500	5.71	12.4
		M - 03	13:12	500	5.71	15.8
		M - 04	15:12	500	5.71	14.7
14/11/2015	43	M - 01	08:00	500	4.32	7.4
		M - 02	12:20	500	4.32	13.2
		M - 03	14:00	500	4.31	14.7
		M - 04	16:00	500	4.31	13.8
21/11/2015	50	M - 01	07:05	500	4.26	5.2
		M - 02	11:25	500	4.26	9.7
		M - 03	13:05	500	4.26	12.6
		M - 04	15:05	500	4.26	13.2

Fuente: Elaboración Propia.

CUADRO N° 08. Toma de muestras de agua tratada en campo para $\phi = 2''$.

FECHA DE MUESTREO	DIA DE MUESTREO	N° MUESTRA	HORA DE MUESTREO	VOL. (mL)	pH	TEMPERATURA (°C)
03/10/2015	1	M - 01	08:15	500	4.91	8
		M - 02	12:35	500	5.84	14.5
		M - 03	14:15	500	6.47	15.2
		M - 04	16:15	500	6.51	12.5
10/10/2015	8	M - 01	07:30	500	6.95	6.1
		M - 02	11:50	500	6.96	11
		M - 03	13:30	500	6.96	14.1
		M - 04	15:30	500	6.97	15.5
17/10/2015	15	M - 01	07:05	500	7.2	6.8
		M - 02	11:25	500	7.22	12.2
		M - 03	13:05	500	7.23	15
		M - 04	15:05	500	7.23	14.4
24/10/2015	22	M - 01	07:00	500	7.27	4.6
		M - 02	11:20	500	7.28	10.4
		M - 03	13:00	500	7.28	13.2
		M - 04	15:00	500	7.28	13
31/10/2015	29	M - 01	07:10	500	7.3	6.6
		M - 02	11:30	500	7.3	8.5
		M - 03	13:10	500	7.31	14
		M - 04	15:10	500	7.31	13.5
07/11/2015	36	M - 01	07:12	500	7.34	6.3
		M - 02	11:32	500	7.34	12.3
		M - 03	13:12	500	7.34	16
		M - 04	15:12	500	7.34	15
14/11/2015	43	M - 01	08:00	500	7.39	7.6
		M - 02	12:20	500	7.39	13
		M - 03	14:00	500	7.39	14.5
		M - 04	16:00	500	7.4	13.4
21/11/2015	50	M - 01	07:05	500	7.42	5.5
		M - 02	11:25	500	7.42	9.9
		M - 03	13:05	500	7.42	12.9
		M - 04	15:05	500	7.42	13

Fuente: Elaboración Propia.

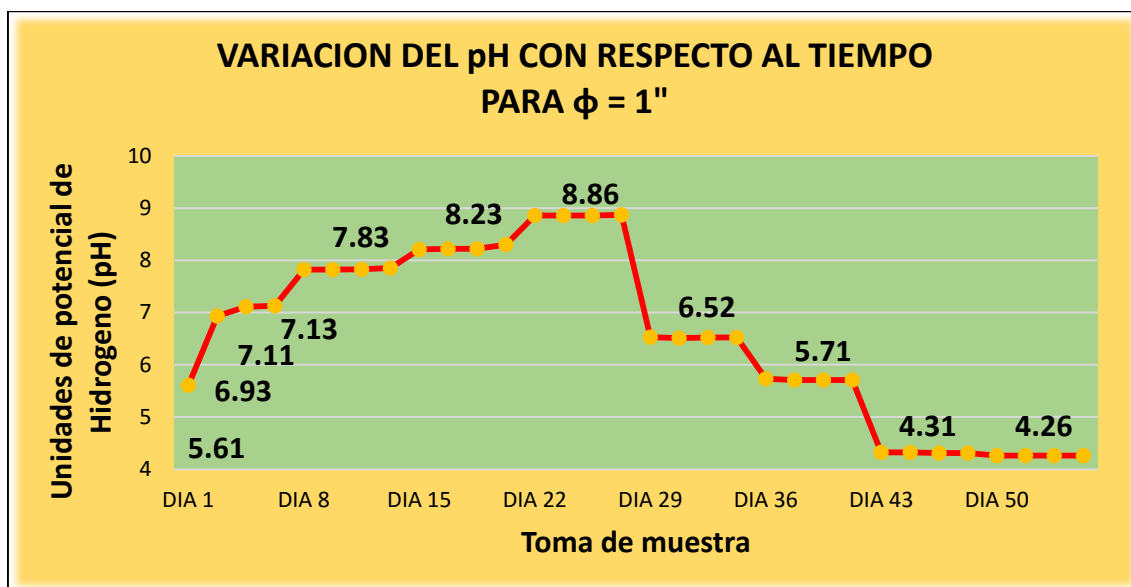
CUADRO N° 09. Toma de muestras de agua tratada en campo para $\phi = 3''$.

FECHA DE MUESTREO	DIA DE MUESTREO	N° MUESTRA	HORA DE MUESTREO	VOL. (mL)	pH	TEMPERATURA (°C)
03/10/2015	1	M - 01	08:15	500	4.21	8.5
		M - 02	12:35	500	4.22	14.8
		M - 03	14:15	500	4.35	15.5
		M - 04	16:15	500	4.36	12.7
10/10/2015	8	M - 01	07:30	500	4.52	6.2
		M - 02	11:50	500	4.52	10.7
		M - 03	13:30	500	4.53	14.3
		M - 04	15:30	500	4.53	15.1
17/10/2015	15	M - 01	07:05	500	4.86	7.4
		M - 02	11:25	500	4.86	12.5
		M - 03	13:05	500	4.86	15
		M - 04	15:05	500	4.86	14.3
24/10/2015	22	M - 01	07:00	500	5.09	5
		M - 02	11:20	500	5.1	10.6
		M - 03	13:00	500	5.1	13.2
		M - 04	15:00	500	5.1	13
31/10/2015	29	M - 01	07:10	500	5.31	6.7
		M - 02	11:30	500	5.31	8.4
		M - 03	13:10	500	5.31	13.9
		M - 04	15:10	500	5.32	12.9
07/11/2015	36	M - 01	07:12	500	5.46	6.4
		M - 02	11:32	500	5.47	12.2
		M - 03	13:12	500	5.47	15.4
		M - 04	15:12	500	5.47	14.1
14/11/2015	43	M - 01	08:00	500	5.49	7.5
		M - 02	12:20	500	5.49	13.3
		M - 03	14:00	500	5.49	15
		M - 04	16:00	500	5.49	13.7
21/11/2015	50	M - 01	07:05	500	5.48	5.6
		M - 02	11:25	500	5.48	9.8
		M - 03	13:05	500	5.48	13.1
		M - 04	15:05	500	5.48	13.4

Fuente: Elaboración Propia.

De los cuadros N° 07, 08 y 09 se elaboran los gráficos N° 02, 03 y 04 en las cuales podemos apreciar las variaciones de pH con respecto al tiempo, cada uno de los gráficos se detalla para cada tamaño diferente de granulometría de piedra caliza chancada en las diferentes pruebas experimentales de campo.

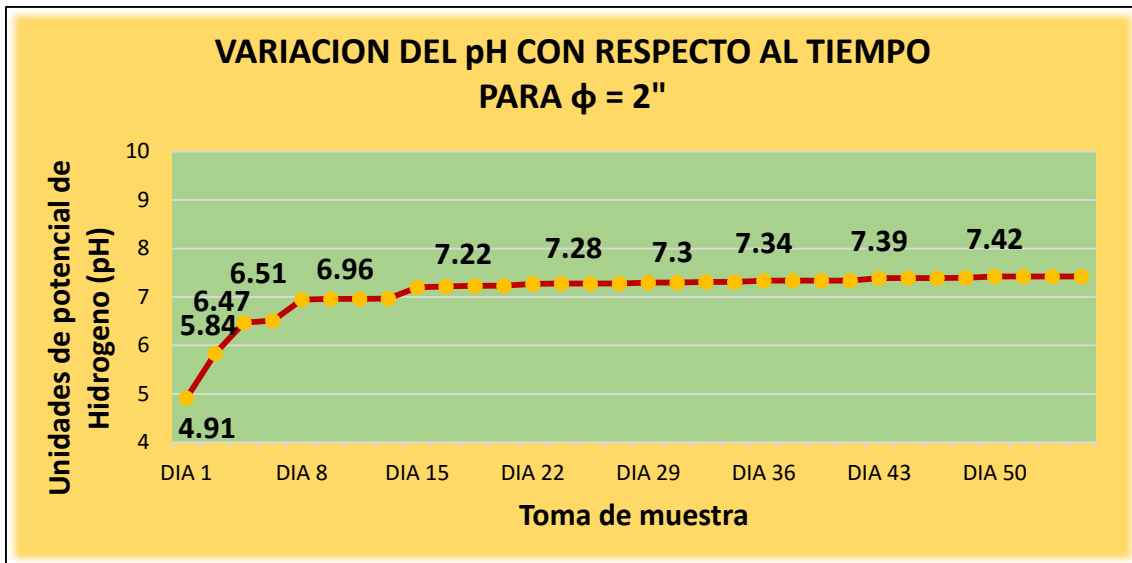
GRAFICO N° 02. Variación del pH con respecto al tiempo para $\Phi = 1''$.



En el grafico N° 02, podemos apreciar que los valores de pH obtenidos en el primer día alcanzan rápidamente a los valores deseados; iniciamos con la primera lectura a las dos horas de iniciado el proceso de neutralización y obtenemos un valor de pH igual a 5.61 y transcurrido las ocho horas del mismo día obtenemos un valor de pH de 7.13; luego progresivamente continua el proceso de neutralización, y al día 22 o cuarta semana llegamos al valor más alto de pH llegando a tomar un valor 8.86, y desde esa misma semana inicia otro proceso de descenso considerable que puede observarse con mayor nitidez durante la quinta y sexta semana; y a partir del día 43 o séptima semana inicia un proceso de estabilización, donde la línea de tendencia prácticamente llega a uniformizarse en forma lineal horizontal con valores de pH iguales a 4.31 y 4.26 respectivamente.

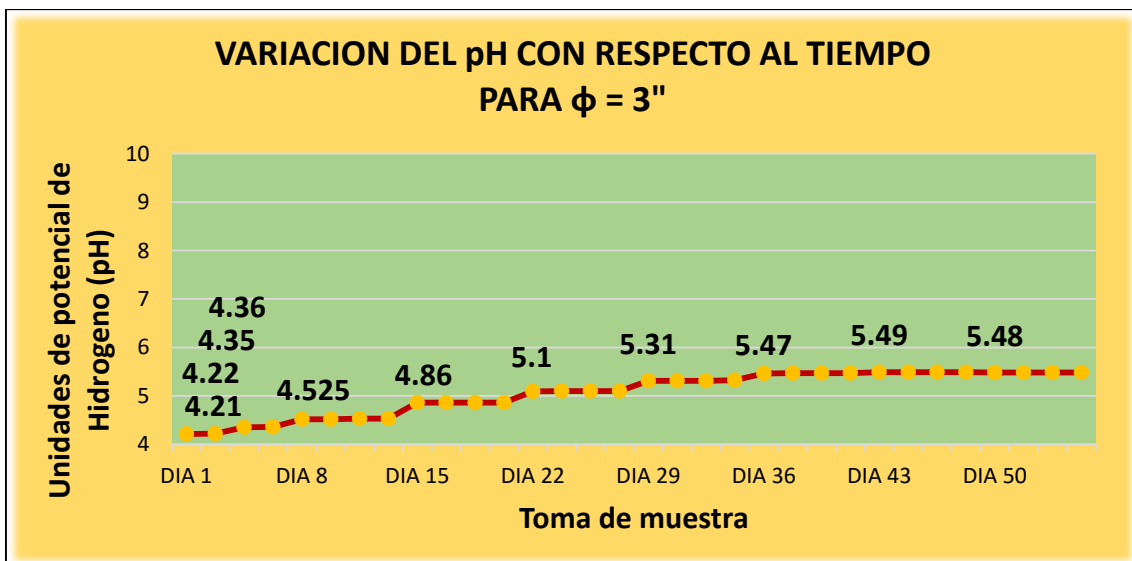
En el grafico podemos apreciar que desde el primero hasta el día 15, y durante el día 29 los valores de pH se encuentran dentro del rango de los valores límites máximos permisibles recomendados por las normas nacionales de calidad de agua para consumo humano; en cambio, los días 22, 36, 43 y 50 se encuentran fuera del rango permisible, por lo que esta prueba debe ser desechada.

GRAFICO N° 03. Variación del pH con respecto al tiempo para $\Phi = 2''$.



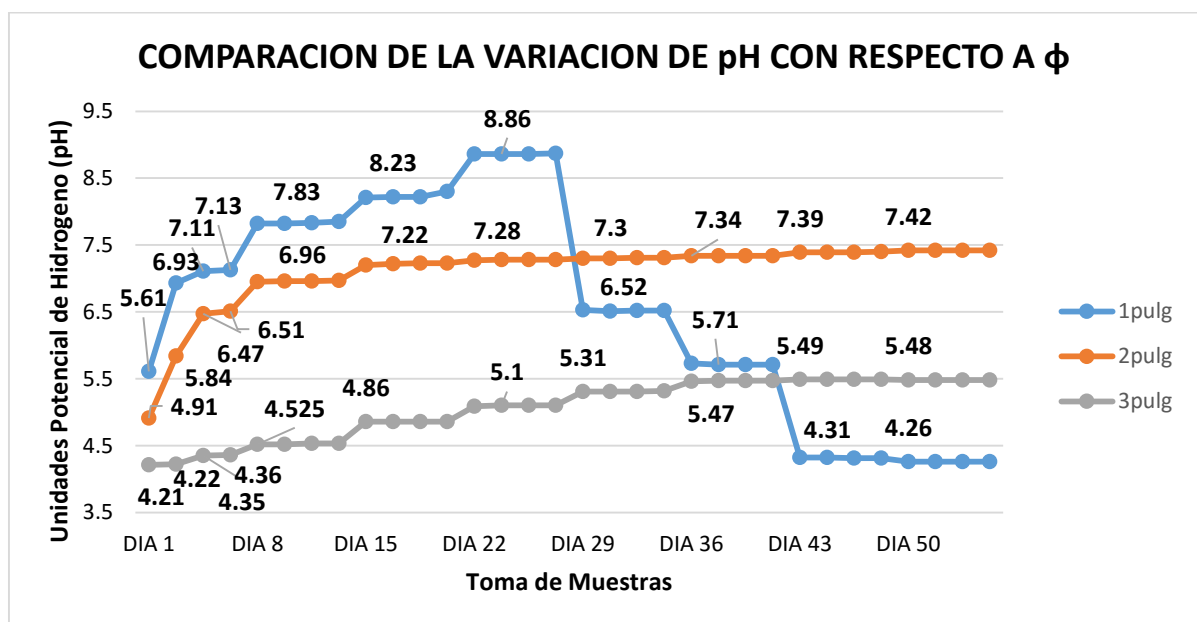
En el grafico N° 03, podemos apreciar que la primera semana o día 1 de experimentación, a la octava hora se obtiene el valor de pH igual a 6.51 y se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de la norma nacional de calidad de agua para consumo humano; de igual modo, los valores encontrados durante los días 8, 15, 22, 29, 36, 43 y 50 de monitoreo de la experimentación podemos verificar valores de pH muy óptimos que en promedio obtenemos un valor de pH igual a 7.27 y la tendencia es prácticamente lineal, donde podemos determinar que la experimentación con piedra caliza chancada con granulometría de 2" sería la que se adoptaría positivamente como resultado del presente estudio.

GRAFICO N° 04. Variación del pH con respecto al tiempo para $\Phi = 3''$.



En el grafico N° 04, podemos apreciar que el proceso de neutralización del pH tiene una efectividad completamente mínima; donde iniciamos la primera lectura del valor de pH a la segunda hora del primer día obteniendo una cantidad de 4.21, conforme pasa el tiempo hasta el día 43 o séptima semana llegamos a un valor de pH igual a 5.49 y en el día 50 ya se aprecia un ligero incremento de acidez; de todo ello podemos decir que ninguno de estos valores cumple con la norma nacional de calidad de agua para consumo humano por encontrarse muy por debajo de los límites máximos permisibles; por lo cual, y por simple deducción, la prueba sería descartada.

GRAFICO N° 05. Comparación del pH con respecto a la diferencia de granulometría.



En el grafico N° 05, podemos apreciar las variaciones de pH en función al tiempo y a la granulometría del material neutralizante chancado; de las cuales, podemos notar claramente que el material neutralizante con $\Phi = 2''$ es la que cumple totalmente con los resultados esperados, ya que el valor del pH se encuentra dentro de los límites máximos permisibles propuestos por la normatividad nacional de la calidad de agua para consumo humano, y este valor se alcanza después de la segunda hora del primer día de experimentación; este valor hace que la experimentación con $\Phi = 2''$ es óptima y debe ser aprobada.

En cambio, en la prueba con $\Phi = 1''$, el pH alcanza valores adecuados pero rápidamente salen del rango permitido; y la prueba con $\Phi = 3''$, nunca alcanza al rango de valores pH permitidos; por lo que ambas pruebas serán desechadas.

4.2. ANALISIS DE RESULTADOS

En el cuadro N° 10 mostramos los valores de pH obtenidos en las diferentes pruebas para realizar un análisis con respecto a los valores establecidos por las normas nacionales de calidad de agua para consumo humano que fueron dadas por el ministerio de salud aprobadas en año 2011 según DS N° 031 – 2010 – SA.

CUADRO N° 10. Comparación de valores pH con respecto a la Norma Nacional.

GRNULOMETRIA	DIA DE MUESTREO	pH PROMEDIO	VALOR REGLAMENTO NACIONAL	CONDICION
$\phi = 1''$	DIA 1	7.13	6.5 - 8.5	CUMPLE
	DIA 8	7.83		CUMPLE
	DIA 15	8.23		CUMPLE
	DIA 22	8.86		NO CUMPLE
	DIA 29	6.52		CUMPLE
	DIA 36	5.71		NO CUMPLE
	DIA 43	4.31		NO CUMPLE
	DIA 50	4.26		NO CUMPLE
$\phi = 2''$	DIA 1	6.51	6.5 - 8.5	CUMPLE
	DIA 8	6.96		CUMPLE
	DIA 15	7.22		CUMPLE
	DIA 22	7.28		CUMPLE
	DIA 29	7.3		CUMPLE
	DIA 36	7.34		CUMPLE
	DIA 43	7.39		CUMPLE
	DIA 50	7.42		CUMPLE
$\phi = 3''$	DIA 1	4.36	6.5 - 8.5	NO CUMPLE
	DIA 8	4.53		NO CUMPLE
	DIA 15	4.86		NO CUMPLE
	DIA 22	5.1		NO CUMPLE
	DIA 29	5.31		NO CUMPLE
	DIA 36	5.47		NO CUMPLE
	DIA 43	5.49		NO CUMPLE
	DIA 50	5.48		NO CUMPLE

Fuente: Elaboración Propia.

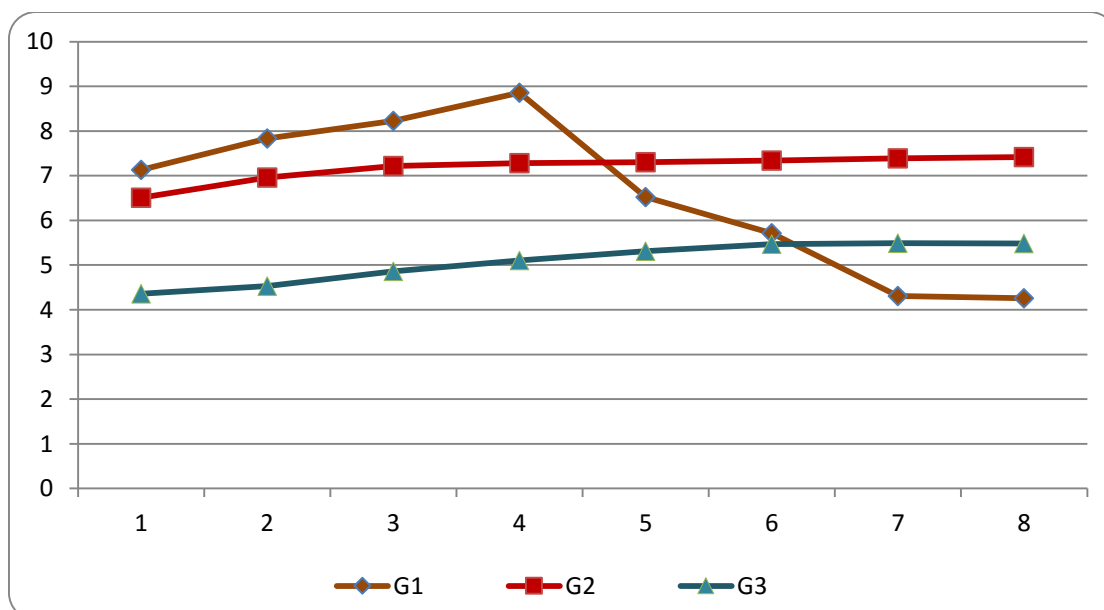
El reglamento nacional de la calidad del agua para consumo humano, dentro de los límites máximos permisibles en el abastecimiento de agua potable establece que los valores de pH no deben tomar valores inferiores a 6.5 ni deben exceder al valor de 8.5, de ocurrir esto, dejaría de ser potable y no debería autorizarse para ser consumido mediante sistemas de agua potable.

Los resultados obtenidos de las pruebas experimentales en el sistema de neutralización de flujo ascendente continuo, y empleando como agente neutralizador la piedra caliza con diferentes tamaños de partícula, podemos determinar que las pruebas realizadas con piedra caliza con tamaño de partícula de $\Phi = 1''$ pasaría a ser obviado, porque el 50% de sus valores de pH no cumplen con los valores establecidos en la normatividad nacional; por otro lado, la prueba con tamaño de partícula de $\Phi = 3''$ tampoco cumple con las exigencias de la normatividad nacional porque el 100% de los valores pH encontrados tampoco cumplen con los requerimientos de la norma; en cambio, la prueba con tamaño de partícula de $\Phi = 2''$ tiene los valores óptimos en comparación con la normatividad, por lo que el modelo debe ser tomado para su implementación correspondiente.

Cuadro N° 11. Análisis estadístico de la variable cuantitativa.

		PH Promedio							
		Recuento	Media	Mediana	Moda	Máximo	Mínimo	Varianza	Desviación estándar
Glanumetria	G_1	8	6,61	6,82	4,26	8,86	4,26	3,01	1,74
	G_2	8	7,18	7,29	6,51	7,42	6,51	,09	,30
	G_3	8	5,08	5,21	4,36	5,49	4,36	,20	,45

Gráfico N° 06. Representación gráfica del análisis de variables.



4.3. INTERPRETACION ESTADISTICA DEL COMPORTAMIENTO DE LA VARIABLE CUANTITATIVA.

En el Bloque Granular uno G1 para el nivel promedio de pH en la que se presentan 8 días de análisis se observa que la media es de 6.61; mientras que la Mediana indica que el 50% del total de los días es de 6.82; la moda nos indica que en la mayoría de los días presentan valores de pH de 4.28; el valor máximo es de 8.86 y en cambio el valor mínimo es 4.26; Los valores que varían y desvían con respecto a la media son en 3.01 y 1.74 respectivamente.

En el Bloque Granular dos G2 para el nivel promedio de pH en la que se presentan 8 días de análisis, se observa que la media es de 7.18; mientras que la Mediana indica que el 50% del total de los días es de 7.29; la moda indica que en la mayoría de días presenta valores de pH de 6.51; el valor máximo es de 7.42 y en cambio el valor mínimo es 6.51; Los valores que varían y desvían con respecto a la media son en 0.09 y 0.30 respectivamente.

En el Bloque Granular tres G3 para el nivel promedio de pH en la que se presentan 8 días de análisis se observa que la media es de 5.08; mientras que la Mediana indica que el 50% del total de los días es de 5.21; la moda que presentan en la mayoría de los días es 4.36; el valor máximo es de 5.49 y en cambio el valor mínimo es 4.36; Los valores que varían y desvían con respecto a la media son en 0.20 y 0.45 respectivamente.

4.4. CONTRASTACION DE LA HIPOTESIS

4.4.1. Hipótesis General

Hipótesis nula (H₀): El puntaje promedio de cada uno de los efectos de la aplicabilidad del sistema de neutralización con piedra caliza es igual entre ellas, durante el proceso del análisis de la acidez del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable para el consumo humano en la Comunidad Campesina de Pias Tusine Grande, Distrito y Provincia de Lampa de la Región Puno 2015 ($\mu_{T1} = \mu_{T2} = \mu_{T3}$).

Hipótesis alterna (H₁): El puntaje promedio de cada uno de los efectos de la aplicabilidad del sistema de neutralización con piedra caliza no es igual entre ellas, durante el proceso del análisis de la acidez del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable para el consumo humano en la Comunidad Campesina de Pias Tusine Grande, Distrito y Provincia de Lampa de la Región Puno 2015 ($\mu_{T1} \neq \mu_{T2} \neq \mu_{T3}$).

a. Nivel de significación

$$\alpha = 0.05$$

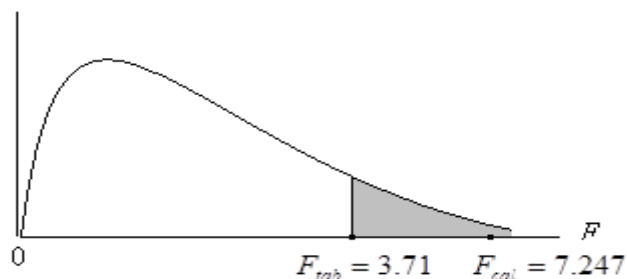
b. Estadístico de Prueba

$$F = \frac{CMT}{CME} \text{ Que se distribuye según } F(k - 1, n - k)$$

c. Región Crítica

Para $\alpha = 0.05$, en la tabla F se encuentra el valor crítico de la prueba:

$$F_{0,95,14} = 3.71$$



d. Cálculos

Cuadro N° 12. Análisis de Varianza para los datos durante el proceso de ensayo del sistema de neutralización con piedra caliza para el análisis de la acidez del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable para el consumo humano en Pias Tusine Grande Lampa Puno -2015.

Fuente de Variacion	Grados de Libertd	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Glanumetría	2	18,911	9,455	7,25 **
Dias	7	4,862	0,695	0,53 ns
Error Experimental	14	18,268	1,31	
Total	23	42,04		

Fuente: Ficha de observacion

e. Interpretación

A un nivel de significación de 0.05 que las evidencias muestrales indican que al menos un puntaje promedio de los diferentes métodos del sistema de neutralización con piedra caliza obtenido durante el proceso del análisis de la acidez del proyecto de agua potable para el consumo humano difiere significativamente de las obtenidas con uno de los otros métodos.

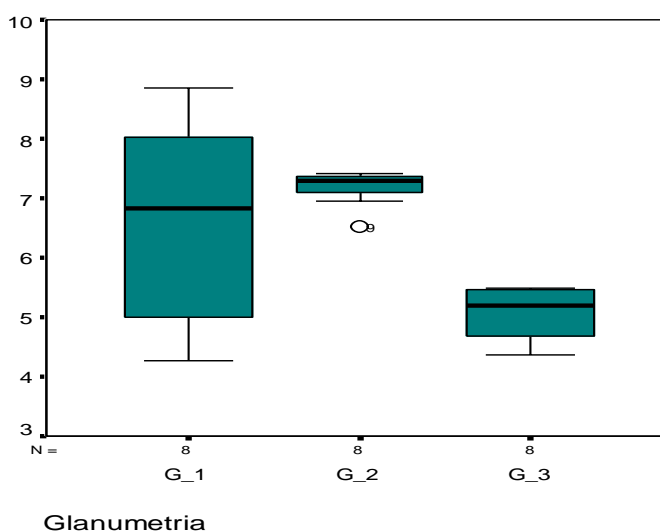
Sin embargo el análisis de varianza no permite determinar cuál de los métodos es el que difiere estadísticamente entre ellos; lo que implica que no muestra que método tiene el mayor puntaje promedio durante el proceso de ensayo de los sistemas de neutralización con piedra caliza. Para tal efecto se debe realizar una prueba de comparaciones múltiples como la prueba de Duncan.

Cuadro N° 13. Diferencia de Medias para el puntaje promedio del proceso de ensayo de los diferentes métodos del sistema de neutralización con piedra caliza en la Comunidad Pias Tusine Grande.

Grupo Duncan	Promedio	n	Granulometría
A	6,6063	8	G2
A	7,1775	8	G1
B	5,075	8	G3

Elaboración Propia.

Diagrama N° 05. Diagrama de Calas para el puntaje promedio del proceso de ensayo de los diferentes métodos de sistema de neutralización con piedra caliza en la Comunidad de Pias Tusine Grande.



La conclusión de la prueba de Duncan se presenta en forma vertical; el hecho de que los bloques (Glanimetría) tengan la misma letra no implica que tengan diferencias significativas entre ellas y por lo tanto se pueden unir mediante una línea como se presenta a continuación, en donde los bloques son ordenadas en forma descendente de acuerdo al rendimiento promedio del puntaje del proceso de ensayo de los diferentes sistemas de neutralización con piedra caliza.

Por lo tanto se concluye que con un nivel de significancia de 0.05 podemos afirmar que el puntaje promedio de los diferentes sistemas de neutralización (G2 y G1) tiene diferencias estadísticas sobre G3, y difieren significativamente de los otros sistemas y por lo tanto los sistemas que más aportan al presente trabajo de investigación es G1 y G2 tal como se muestra en la tabla de diferencia de medias y el diagrama de cajas; pero G2 es el único que se encuentra dentro de la norma de pH permisible, lo que hace que G3 también sea rechazado por contar con valores fuera del rango de valores de pH permisibles.

f. Decisión

A un nivel de significación del 5% $F_{cal} = 7.247$ cae en la región de rechazo, debemos rechazar la Hipótesis Nula y aceptamos la hipótesis alterna y concluimos que los puntajes promedio de los efectos de la aplicabilidad del sistema de neutralización con piedra caliza no es igual entre ellas y difiere significativamente, durante el proceso del análisis de la acidez del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable para el consumo humano en la Comunidad Pias Tusine Grande Lampa Puno 2015.

4.4.2. Prueba de Hipótesis Especifica uno

Hipótesis Nula (H_0): Los valores de pH del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable no mejorarían significativamente con la aplicación del sistema de neutralización con piedra caliza de 2" en el manantial de la Comunidad Pias Tusine Grande.

Hipótesis Alternativa (H₁): Los valores de pH del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable mejorarían significativamente con la aplicación del sistema de neutralización con piedra caliza de 2" en el manantial de la Comunidad Pias Tusine Grande.

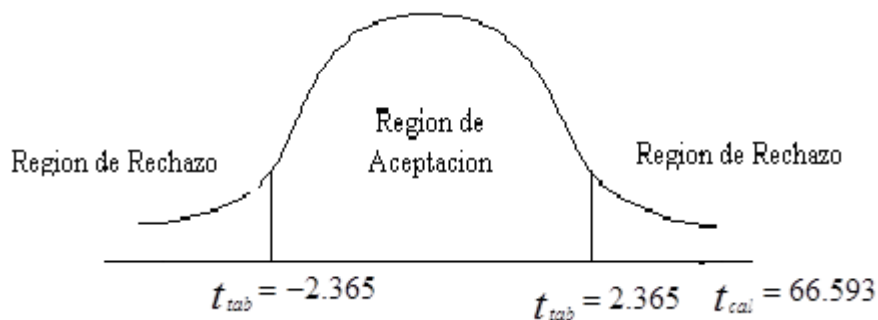
a. Nivel de significancia

$\alpha=0.05$

b. Estadístico de prueba

$$T = \frac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n}}$$

c. Región crítica



d. Cálculos

Cuadro N° 14. Tratamiento de datos con la prueba “t Student” para $\phi = 2$ ”.

Prueba de muestra única

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
PH Promedio	66,593	7	,000	7,17750	6,9226	7,4324

Fuente: *Elaboración Propia.*

e. Conclusión

Como la $t_{cal} = 66.593$ cae en la región de rechazo entonces se rechaza la H₀, de la cual se puede concluir que los valores de pH del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable optimizara significativamente con la aplicación del sistema de neutralización con piedra caliza de 2" en el manantial de la Comunidad Pias Tusine Grande. A nivel de significancia del 5%.

4.4.3. Prueba de Hipótesis Especifica dos

Hipótesis Nula (H₀): La variación de valores de pH no se encuentra dentro del rango de valores establecidos por la Norma Nacional de Calidad de Agua para Consumo Humano luego del tiempo de neutralización del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable en el manantial de la Comunidad Pias Tusine Grande.

Hipótesis Alterna (H₁): La variación de valores de pH se encuentra dentro del rango de valores establecidos por la Norma Nacional de Calidad de Agua para Consumo Humano luego del tiempo de neutralización del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable en el manantial de la Comunidad Pias Tusine Grande.

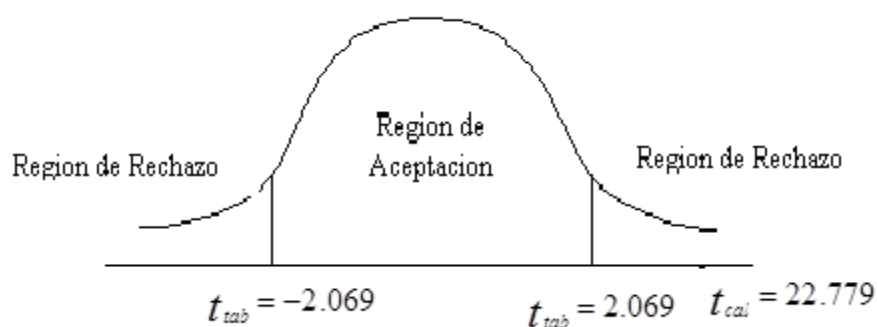
a. Nivel de significancia

$$\alpha=0.05$$

b. Estadístico de prueba

$$T = \frac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n}}$$

c. Región crítica



d. Cálculos

Cuadro N° 15. Tratamiento de datos con la prueba “t Estudent” para la NTP.

Prueba de muestra única

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
PH Promedio	22,779	23	,000	6,28625	5,7154	6,8571

e. Conclusión

Como la $t_{cal} = 22.779$ cae en la región de rechazo entonces se rechaza la H_0 , se puede concluir que la variación de los valores de pH se encuentra dentro del rango de valores establecidos por la Norma Nacional de Calidad de Agua y difiere significativamente con esta, para el consumo humano luego del tiempo de neutralización del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable en el manantial en la Comunidad Pias Tusine Grande. A nivel de significancia del 5%.

4.5. DISCUSION DE RESULTADOS

El proceso de experimentación se dio en un tiempo total de 8 semanas, donde la toma de muestras y lectura de valores pH se realizó de la misma manera; todo ello podemos apreciar en las tablas N° 07, 08 y 09; al mismo tiempo, el grafico N° 06 nos muestra las diferencias de los valores de pH obtenidos en cada lectura realizada, donde podemos apreciar que:

Las pruebas realizadas con el tamaño de partícula de $\Phi = 1''$ llegan rápidamente a los valores requeridos, llegando a sobrepasarlo en la cuarta semana, pero a partir de la quinta semana el valor de pH inicia a descender desmedidamente, hasta que en la séptima y octava semana aparentemente el valor llega a estabilizarse con valores de pH igual a 4.26 encontrándose muy por debajo de los valores requeridos por la norma; en cambio, con las pruebas realizadas con el tamaño de partícula de $\Phi = 2''$ se muestran todos los valores de pH adecuados, encontrándose dentro del rango permisible según la norma nacional; y finalmente, con las pruebas realizadas con el tamaño de partícula de $\Phi = 3''$ vemos que todos los valores de pH no alcanzan ni al valor mínimo permisible, por lo que sería una experimentación completamente desechable.

De todo ello, podemos concluir mencionando que, la acidez del agua reacciona con el carbonato de calcio que posee la piedra caliza, y cuando menor sea el tamaño de partícula, existirá mayor superficie de contacto agua – caliza, y cuando mayor sea el tamaño de partícula menor será la

superficie de contacto; bajo este principio, se puede explicar con mayor claridad los valores de pH encontrados con las diferentes tamaños de partícula; por otro lado, cuando mayor sea el área de contacto mayor será la velocidad de saturación del material neutralizante y es por este motivo que trabajando con el tamaño de partícula de $\Phi = 1''$ vemos que el pH se eleva muy rápidamente por tener mayor superficie de contacto, pero por el mismo hecho es que el valor de pH rápidamente llega a descender hasta llegar al valor original de la fuente de agua. Lo que ocurre con el tamaño de partícula de $\Phi = 3''$ es igual al de $\Phi = 1''$, debido a que para la tercera prueba se emplea mayor tamaño de partícula es que existe menor área de contacto y la reacción de la acidez del agua con la caliza es mínima que no llega a neutralizarse de manera eficiente y con el paso del tiempo este área de contacto llega lentamente a saturarse por lo que el proceso de neutralización es ineficiente y lo poco que se llega a neutralizar con el tiempo es revertido llegando nuevamente a los valores de pH originales de la fuente de agua. Con el tamaño de partícula de $\Phi = 2''$, obtenemos los valores adecuados y dentro de todo el periodo de experimentación aún mantiene su eficiencia; pero por otro lado, debemos entender que todo material tiene un tiempo de vida útil que en este caso es de 4380 horas que equivalen a 6 meses, y en ese tiempo bajara la eficiencia del material neutralizante con $\Phi = 2''$, por lo que deberá ser removido completamente y cambiado por uno similar y nuevo.

CONCLUSIONES

PRIMERO

Con la implementación del sistema de neutralización de aguas manantiales para la ejecución de proyectos de abastecimiento de agua potable Pias Tusine Grande Lampa Puno frente a los parámetros establecidos por las normas nacionales de calidad del agua para consumo humano del sector salud, podemos concluir que, las pruebas experimentales con tamaño de partícula de $\Phi = 2''$ son adecuadas y deben implementarse en todo sistema de abastecimiento de agua potable con similar problema de estudio.

SEGUNDO

Con el tamaño de partícula de $\Phi = 2''$, la variación de valores de pH durante las 8 semanas de estudio fueron las siguientes: 6.51, 6.96, 7.22, 7.28, 7.30, 7.34, 7.39 y 7.42; de las cuales el 100% de los valores se encuentran dentro del rango permisible de la normatividad nacional; el caudal de operación fue de 1.33 mL por segundo, utilizando un volumen de lecho de piedra caliza de 0.02 m³ y un pH inicial de la fuente de agua de 4.1.

TERCERO

Con los tamaños de partícula de $\Phi = 1''$ y $\Phi = 3''$, las variaciones de los valores de pH durante las 8 semanas de experimentación fueron de: 7.13, 7.83, 8.23, 8.86, 6.52, 5.71, 4.31 y 4.26 y 4.36, 4.53, 4.86, 5.10, 5.31, 5.47, 5.49 y 5.48 respectivamente; donde los valores encontrados, casi en su totalidad se encuentran fuera del rango permisible de la normatividad nacional, y el resto de los parámetros de operación fueron iguales al anterior con caudal de operación de 1.33 mL por segundo y un volumen de lecho de piedra caliza de 0.02 m³ con el valor inicial de pH igual a 4.1 que es de la fuente de agua.

RECOMENDACIONES

PRIMERO

Se recomienda aplicar el sistema de neutralización de flujo ascendente con piedra caliza en todo ámbito rural que presente similares problemas de acidez en sus fuentes naturales de agua, esta recomendación se fundamenta porque el tratamiento de la acidez del agua mediante este sistema es completamente gratuito, ya que no requiere de ningún insumo y/o reactivo químico, energía eléctrica o planta de tratamiento de aguas que podrían incrementar los costos por operación y mantenimiento, y respetando la cultura del no pago por los servicios básicos en zonas rurales es que pensando en ellos se propuso esta metodología.

SEGUNDO

Una vez implementado el sistema, se recomienda realizar las lecturas de pH cada dos meses en campo o tomar una muestra para llevarlo a un laboratorio para su análisis correspondiente, si se detecta que el valor de pH tiene valores inferiores a 6.5 será señal de que el material se encuentra saturado y debe ser cambiado.

TERCERO

Por seguridad, se recomienda que el material neutralizante debe ser removido y/o cambiado cada seis meses, aprovechando que el mantenimiento y desinfección general del sistema se realiza en el mismo periodo de tiempo, ya que lo más probable es que en este periodo de tiempo llegue a saturarse el material neutralizante.

CUARTO

Para futuras investigaciones o implementación del sistema neutralizante propuesto, se recomienda tener especial cuidado con respecto al porcentaje de pureza de la piedra caliza, porque de ello depende el rendimiento o eficiencia de neutralización.

BIBLIOGRAFIA

1. F. SOLSONA Y P. MENDEZ, Desinfección del agua, Lima 2005.
2. MARK D. GENEVA, Managing water in the home: accelerated health gains from improved water supply Sobsey, OMS 2002.
3. OPS – CEPIS, Guía para el mejoramiento de la calidad del agua a nivel casero, Lima 2005.
4. J. CALDERON COCKBURN, Agua y saneamiento: el caso del Perú rural, Lima 2004.
5. R. AGÜERO, Servicios de agua múltiples en comunidades rurales. La experiencia de SER en Chota – Cajamarca, Lima 2002.
6. M. E. BODERO, Los servicios de agua y saneamiento en el Perú. Un diagnóstico y estadísticas, Lima 2003.
7. BAQUERO et al., Tratamiento de aguas acidas: prevención y reducción de la contaminación, España 2008.
8. MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO, Plan nacional del sub sector saneamiento, 2005 – 2015, Lima 2004.
9. BANCO MUNDIAL, Estudio sectorial de los servicios de agua potable y saneamiento en pequeñas localidades del Perú, Lima 2004.
10. FREEZE AND CHERRY, Modo de representar un análisis de agua, 1979.
11. E. GARCIA T., Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales del Perú, Lima 2009.
12. C. J. GUERRERO HERNANDEZ, Rocas calizas: formación, ciclo del carbonato, propiedades y aplicaciones, México 2001.
13. MIRANDA M. et al, Calidad de agua para consumo en Perú, Lima 2010.
14. J. ESPINOSA Y E. MOLINA, Acidez y encalado de aguas, primera edición, Costa Rica 1999.
15. OMS, Guidelines for drinking water quality. Geneva: World Health Organization 1993.
16. W. M. EDMUNDS, Calidad del agua subterránea, Argentina 2004.
17. Tully T. J. "Waste-acid neutralization" Sewage Ind. Wastes 30, 1958
18. Alonzo L, "Análisis estadístico de las propiedades del Sahcab para su uso en Pavimentos", Tesis, Facultad de ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua, México 1987.

19. Alarcón, F. Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas. Pontificia Universidad Católica de Chile.
20. DUDA H. Walter, "Introducción de la caliza". Manual tecnológico del cemento. Editorial Reverté, España 2003.
21. VALDIVIEZO DIAS Alejandra y RAMIREZ CARRION José, "Rocas Cálcicas". Compendio de rocas y minerales industriales en el Perú. Ingemmet Económica, Perú 2009.

ANEXOS

ANEXO 1. PANEL FOTOGRAFICO



FOTO N° 01. Cantera de Material Neutralizante



FOTO N° 02. Probando el Porcentaje de Pureza del Material Neutralizante en Campo



FOTO N° 03. Piedra caliza chancada con diámetro de 2 pulgadas



FOTO N° 04. Midiendo el caudal de la fuente de agua



FOTO N° 05. Determinando el valor de pH a la salida del manantial en estudio



FOTO N° 06. Determinando el valor de pH durante en proceso de neutralización



FOTO N° 07. Realizando el Análisis de pH en Laboratorio.

ANEXO 2. FICHAS DE RECOLECCION DE DATOS EN CAMPO

CUADRO N° XXX. Toma de muestras de agua tratada en campo para ϕ .

FECHA DE MUESTREO	DIA DE MUESTREO	N° MUESTR A	HORA DE MUESTREO	VOL. (mL)	pH	TEMPERATURA (°C)
03/10/2015	DIA 1	M - 01		500		
		M - 02		500		
		M - 03		500		
		M - 04		500		
10/10/2015	DIA 8	M - 01		500		
		M - 02		500		
		M - 03		500		
		M - 04		500		
17/10/2015	DIA 15	M - 01		500		
		M - 02		500		
		M - 03		500		
		M - 04		500		
24/10/2015	DIA 22	M - 01		500		
		M - 02		500		
		M - 03		500		
		M - 04		500		
31/10/2015	DIA 29	M - 01		500		
		M - 02		500		
		M - 03		500		
		M - 04		500		
07/11/2015	DIA 36	M - 01		500		
		M - 02		500		
		M - 03		500		
		M - 04		500		
14/11/2015	DIA 43	M - 01		500		
		M - 02		500		
		M - 03		500		
		M - 04		500		
21/11/2015	DIA 50	M - 01		500		
		M - 02		500		
		M - 03		500		
		M - 04		500		

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 3. MATRIZ DE CONSISTENCIA DEL PROYECTO DE TESIS

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	TECNICAS E INSTRUMENTOS
¿Cuáles son los efectos de la aplicabilidad del sistema de neutralización con piedra caliza en el proyecto de abastecimiento de agua potable en aguas manantiales Pias Tusine Grande Lampa Puno 2015?	Determinar los efectos de la aplicabilidad del sistema de neutralización con piedra caliza en el proyecto de abastecimiento de agua potable en aguas manantiales de Pias Tusine Grande Lampa Puno 2015.	Los efectos de la aplicabilidad del sistema de neutralización con piedra caliza reducen significativamente la acidez del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable para el consumo humano en Pias Tusine Grande Lampa Puno 2015.	Variable Independiente - Sistema neutralizante con piedra caliza.	Tipo de material.	Porcentaje de pureza de la piedra caliza. Ubicación de la cantera.	TIPO: Cuantitativo, fundamental - explicativo.
				Diseño de lecho.	Caudal de ingreso del agua de manantial. Granulometría de la piedra caliza chancada.	NIVEL: Experimental - Analítico.
				Especificaciones técnicas.	Volumen del recipiente de lecho de piedra caliza chancada.	DISEÑO: Investigación experimental.
¿Cómo se comportan los valores de pH del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable con la aplicación del sistema de neutralización con piedra caliza de 1", 2" y 3" en el manantial Pias Tusine Grande?	Conocer los valores de pH del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable con la aplicación del sistema de neutralización con piedra caliza de 1", 2" y 3" en el manantial Pias Tusine Grande.	Los valores de pH del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable mejoran directamente con la aplicación del sistema de neutralización con piedra caliza de 2" en el manantial Pias Tusine Grande.	Variables Dependientes - Proyecto de agua potable.	pH del agua.	Valor de pH del agua tratada.	METODO: Inductivo analítico y sintético.
					Tiempo de estabilización de los valores de pH	POBLACION: Toda población rural con similar problema. MUESTRA: Muestras de agua del manantial Pias Tusine.
¿Cuál es la variación de valores de pH con la aplicación del sistema de neutralización con piedra caliza en el manantial Pias Tusine Grande con respecto a la Norma Nacional de Calidad del Agua para Consumo Humano?	Identificar la variación de valores de pH con la aplicación del sistema de neutralización con piedra caliza en el manantial Pias Tusine Grande con respecto a la Norma Nacional de Calidad del Agua para Consumo Humano.	La variación de valores de pH se encuentra dentro del rango de valores establecidos por la Norma Nacional de Calidad de Agua para Consumo Humano luego del tiempo de neutralización del agua del proyecto de abastecimiento de agua potable en el manantial Pias Tusine Grande.		Estándares de calidad del agua para consumo humano.	Normatividad nacional.	TECNICAS: Medición y Observación. INSTRUMENTOS: Medidor de pH (pH-Metro) y las Fichas de observación.

Fuente: Elaboración Propia.

**ANEXO 4. LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES SEGÚN LA
NORMA NACIONAL PERUANA DE LA CALIDAD DEL
AGUA PARA CONSUMO HUMANO (DS N° 031-2010-SA)**

Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

ANEXO II

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE
CALIDAD ORGANOLÉPTICA**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

ANEXO 5. CERTIFICADO DE ANALISIS DE LA PIEDRA CALIZA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



ANALISIS DE CAL UTIL

NOMBRE : Percy Huaman Quispe
PROCEDENCIA : Cantera Muni Grande - Saman
FECHA RECEPCION : 24/09/2015
FECHA ANALISIS : 25/09/2015
LABORATORIO : Aguas y Suelos FCA – UNA

RESULTADOS

MUESTRA	RESULTADOS
CaO %	90.00

ANALISTA
Luz Patricia Formilata Callesplass
INGENIERA EN CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS

ANEXO 6. CERTIFICADOS DE ANALISIS DEL AGUA DURANTE LOS PROCESOS DE NEUTRALIZACION



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS DE AGUA

ASUNTO: ANALISIS DE pH Y TEMPERATURA DE AGUA MANANTIAL AZUL CANCHA

PROCEDENCIA : Comunidad Campesina Pias Tusine Grande, Provincia de Lampa, Región Puno.
 INTERESADO : Percy Huaman Quispe.
 MOTIVO : Investigación.
 MUESTREO : 03/10/2015 (por el Interesado)
 ANALISIS : 04/10/2015

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Limpido transparente
 Color : Incoloro
 Olor : Inodoro
 Sabor : Insípido

CARACTERÍSTICAS pH y TEMPERATURA

FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	MUESTRA: M-01 ($\phi = 1''$)		MUESTRA: M-02 ($\phi = 2''$)		MUESTRA: M-03 ($\phi = 3''$)	
		pH	TEMP. (°C)	pH	TEMP. (°C)	pH	TEMP. (°C)
03/10/2015	08:15	5.61	8.3	4.91	8	4.21	8.5
	12:35	6.93	14.7	5.84	14.5	4.22	14.8
	14:15	7.11	15.2	6.47	15.2	4.35	15.5
	16:15	7.13	12.6	6.51	12.5	4.36	12.7

INTERPRETACION: (Según el Reglamento Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano. DS N° 031-2010-SA)

-Las características de pH que se encuentran dentro del rango de 6.5 a 8.5 son permisibles y aptos para el consumo humano, y los valores que se encuentran fuera del rango son no aptos.






UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS DE AGUA

ASUNTO: ANALISIS DE pH Y TEMPERATURA DE AGUA MANANTIAL AZUL CANCHA

PROCEDENCIA : Comunidad Campesina Plas Tusine Grande, Provincia de Lampa, Región Puno.
INTERESADO : Percy Huaman Quispe.
MOTIVO : Investigación.
MUESTREO : 10/10/2015 (por el interesado)
ANALISIS : 11/10/2015

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Límpido transparente
Color : Incoloro
Olor : Inodoro
Sabor : Insípido

CARACTERÍSTICAS pH y TEMPERATURA

FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	MUESTRA: M-01 ($\phi = 1''$)		MUESTRA: M-02 ($\phi = 2''$)		MUESTRA: M-03 ($\phi = 3''$)	
		pH	TEMP. ($^{\circ}\text{C}$)	pH	TEMP. ($^{\circ}\text{C}$)	pH	TEMP. ($^{\circ}\text{C}$)
10/10/2015	07:30	7.82	6.4	6.95	6.1	4.52	6.2
	11:50	7.82	10.9	6.96	11	4.52	10.7
	13:30	7.83	14.3	6.96	14.1	4.53	14.3
	15:30	7.85	15.4	6.97	15.5	4.53	15.1

INTERPRETACION: (Según el Reglamento Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano, DS N° 031-2010-SA)

-Las características de pH que se encuentran dentro del rango de 6.5 a 8.5 son permisibles y aptos para el consumo humano, y los valores que se encuentran fuera del rango son no aptos.



Dr. Guido Fernández Callespaca
Presidente del Laboratorio de Aguas y Suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS DE AGUA

ASUNTO: ANALISIS DE pH Y TEMPERATURA DE AGUA MANANTIAL AZUL CANCHA

PROCEDENCIA : Comunidad Campesina Pias Tusine Grande, Provincia de Lampa, Región Puno.
INTERESADO : Percy Huaman Quispe
MOTIVO : Investigación.
MUESTREO : 17/10/2015 (por el interesado)
ANALISIS : 18/10/2015

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Limpido transparente
Color : Incoloro
Olor : Inodoro
Sabor : Insípido

CARACTERÍSTICAS pH Y TEMPERATURA

FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	MUESTRA: M-01 ($\phi = 1''$)		MUESTRA: M-02 ($\phi = 2''$)		MUESTRA: M-03 ($\phi = 3''$)	
		pH	TEMP. (°C)	pH	TEMP. (°C)	pH	TEMP. (°C)
17/10/2015	07:05	8.21	7.3	7.2	6.8	4.86	7.4
	11:25	8.22	12.4	7.22	12.2	4.86	12.5
	13:05	8.22	15.1	7.23	15	4.86	15
	15:05	8.3	14.5	7.23	14.4	4.86	14.3

INTERPRETACION: (Según el Reglamento Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano. DS N° 031-2010-SA)

-Las características de pH que se encuentran dentro del rango de 6.5 a 8.5 son permisibles y aptos para el consumo humano, y los valores que se encuentran fuera del rango son no aptos.


Prof. Javier Fernández Collapaco
DIRECTOR DEL CENTRO REGIONAL DE AGUA
LABORIO DE AGUAS Y SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS DE AGUA

ASUNTO: ANALISIS DE pH Y TEMPERATURA DE AGUA MANANTIAL AZUL CANCHA

PROCEDENCIA : Comunidad Campesina Pias Tusine Grande, Provincia de Lampa, Región Puno.
INTERESADO : Percy Human Quispe.
MOTIVO : Investigación.
MUESTREO : 24/10/2015 (por el interesado)
ANALISIS : 25/10/2015

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Limpido transparente
Color : Incoloro
Olor : Inodoro
Sabor : Insípido

CARACTERÍSTICAS pH y TEMPERATURA

FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	MUESTRA: M-01 ($\phi = 1''$)		MUESTRA: M-02 ($\phi = 2''$)		MUESTRA: M-03 ($\phi = 3''$)	
		pH	TEMP. (°C)	pH	TEMP. (°C)	pH	TEMP. (°C)
24/10/2015	07:00	8.86	4.4	7.27	4.6	5.09	5
	11:20	8.86	10.8	7.28	10.4	5.1	10.6
	13:00	8.86	13.6	7.28	13.2	5.1	13.2
	15:00	8.87	12.9	7.28	13	5.1	13

INTERPRETACION: (Según el Reglamento Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano. DS N° 031-2010-SA)

-Las características de pH que se encuentran dentro del rango de 6.5 a 8.5 son permisibles y aptos para el consumo humano, y los valores que se encuentran fuera del rango son no aptos.


Ing. Beate Fernández Collapera
ANALISTA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS DE AGUA

ASUNTO: ANALISIS DE pH Y TEMPERATURA DE AGUA MANANTIAL AZUL CANCHA

PROCEDENCIA : Comunidad Campesina Pias Tusina Grande, Provincia de Lampa, Región Puno.
INTERESADO : Percy Human Quispe.
MOTIVO : Investigación.
MUESTREO : 31/10/2015 (por el interesado)
ANALISIS : 01/11/2015

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Limpido transparente
Color : Incoloro
Olor : Inodoro
Sabor : Insípido

CARACTERÍSTICAS pH y TEMPERATURA

FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	MUESTRA: M-01 ($\phi = 1''$)		MUESTRA: M-02 ($\phi = 2''$)		MUESTRA: M-03 ($\phi = 3''$)	
		pH	TEMP. (°C)	pH	TEMP. (°C)	pH	TEMP. (°C)
31/10/2015	07:10	6.53	6.4	7.3	6.6	5.31	6.7
	11:30	6.51	8.5	7.3	8.5	5.31	8.4
	13:10	6.52	13.8	7.31	14	5.31	13.9
	15:10	6.52	13.4	7.31	13.5	5.32	12.9

INTERPRETACION: (Según el Reglamento Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano, DS N° 031-2010-SA)

-Las características de pH que se encuentran dentro del rango de 6.5 a 8.5 son permisibles y aptos para el consumo humano, y los valores que se encuentran fuera del rango son no aptos.

Dr. Percy Human Quispe
ANÁLISIS DE AGUAS Y SUELOS
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS DE AGUA

ASUNTO: ANALISIS DE pH Y TEMPERATURA DE AGUA MANANTIAL AZUL CANCHA

PROCEDENCIA : Comunidad Campesina Pias Tusine Grande, Provincia de Lampa, Región Puno.
INTERESADO : Percy Huaman Quispe.
MOTIVO : Investigación.
MUESTREO : 07/11/2015 (por el interesado)
ANALISIS : 08/11/2015

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Limpido transparente
Color : Incoloro
Olor : Inodoro
Sabor : Insípido

CARACTERÍSTICAS pH Y TEMPERATURA

FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	MUESTRA: M-01 ($\phi = 1''$)		MUESTRA: M-02 ($\phi = 2''$)		MUESTRA: M-03 ($\phi = 3''$)	
		pH	TEMP. (°C)	pH	TEMP. (°C)	pH	TEMP. (°C)
07/11/2015	07:12	5.73	6.1	7.34	6.3	5.46	6.4
	11:32	5.71	12.4	7.34	12.3	5.47	12.2
	13:12	5.71	15.8	7.34	16	5.47	15.4
	15:12	5.71	14.7	7.34	15	5.47	14.1

INTERPRETACION: (Según el Reglamento Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano. DS N° 031-2010-SA)

-Las características de pH que se encuentran dentro del rango de 6.5 a 8.5 son permisibles y aptos para el consumo humano, y los valores que se encuentran fuera del rango son no aptos.





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS DE AGUA

ASUNTO: ANALISIS DE pH Y TEMPERATURA DE AGUA MANANTIAL AZUL CANCHA

PROCEDENCIA : Comunidad Campesina Pias Tusina Grande, Provincia de Lampa, Región Puno.
INTERESADO : Percy Huaman Quispe.
MOTIVO : Investigación.
MUESTREO : 14/11/2015 (por el interesado)
ANALISIS : 15/11/2015

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Limpido transparente
Color : Incoloro
Olor : Inodoro
Sabor : Insípido

CARACTERÍSTICAS pH y TEMPERATURA

FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	MUESTRA: M-01 ($\phi = 1''$)		MUESTRA: M-02 ($\phi = 2''$)		MUESTRA: M-03 ($\phi = 3''$)	
		pH	TEMP. (°C)	pH	TEMP. (°C)	pH	TEMP. (°C)
14/11/2015	08:00	4.32	7.4	7.39	7.6	5.49	7.5
	12:20	4.32	13.2	7.39	13	5.49	13.3
	14:00	4.31	14.7	7.39	14.5	5.49	15
	16:00	4.31	13.8	7.4	13.4	5.49	13.7

INTERPRETACION: (Según el Reglamento Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano. DS N° 031-2010-SA)

-Las características de pH que se encuentran dentro del rango de 6.5 a 8.5 son permisibles y aptos para el consumo humano, y los valores que se encuentran fuera del rango son no aptos.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS DE AGUA

ASUNTO: ANALISIS DE pH Y TEMPERATURA DE AGUA MANANTIAL AZUL CANCHA

PROCEDENCIA : Comunidad Campesina Pias Tusine Grande, Provincia de Lampa, Región Puno.
INTERESADO : Percy Huaman Quispe.
MOTIVO : Investigación.
MUESTREO : 21/11/2015 (por el interesado)
ANALISIS : 22/11/2015

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Limpido transparente
Color : Incoloro
Olor : Inodoro
Sabor : Insípido

CARACTERÍSTICAS pH y TEMPERATURA

FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	MUESTRA: M-01 ($\phi = 1''$)		MUESTRA: M-02 ($\phi = 2''$)		MUESTRA: M-03 ($\phi = 3''$)	
		pH	TEMP. (°C)	pH	TEMP. (°C)	pH	TEMP. (°C)
21/11/2015	07:05	4.26	5.2	7.42	5.5	5.48	5.6
	11:25	4.26	9.7	7.42	9.9	5.48	9.8
	13:05	4.26	12.6	7.42	12.9	5.48	13.1
	15:05	4.26	13.2	7.42	13	5.48	13.4

INTERPRETACION: (Según el Reglamento Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano. DS N° 031-2010-SA)

-Las características de pH que se encuentran dentro del rango de 6.5 a 8.5 son permisibles y aptos para el consumo humano, y los valores que se encuentran fuera del rango son no aptos.