

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Evaluación del efecto del hidróxido de calcio (cal
apagada) en la estabilización del pH de aguas
desembocadas del río Millojahuira en el embalse
Pasto Grande, Moquegua - 2022**

Daniela Ly Flores Eno
Branko Samir Herrera Salinas

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Continental, por darnos la bienvenida y la oportunidad de poder formarnos como profesionales de la Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental que tanto nos apasiona, gracias a nuestro asesor, Steve Dann Camargo Hinostroza, por su paciencia, dedicación, motivación y ser parte de este proceso durante la realización y redacción de esta investigación.

DEDICATORIA

A nuestros padres por habernos forjado los valores que fueron base de lo que somos en la actualidad, por sus consejos y su apoyo incondicional, todos nuestros logros se lo debemos a ellos.

A Dios por ser mediador y guía para alcanzar todos nuestros objetivos, a todas las personas que estuvieron y las que hoy están, las cuales formaron y forman parte de nuestro camino. Por ellas y por todo lo vivido que nos llevó a tener nuestra propia esencia como personas y profesionales.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	2
DEDICATORIA	3
RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	13
1.1. Planteamiento y formulación del problema	13
1.1.1. Problema general	15
1.1.2. Problemas específicos.....	15
1.2. Objetivos	16
1.2.1. Objetivo general	16
1.2.2. Objetivos específicos	16
1.3. Justificación e importancia	17
1.4. Hipótesis.....	18
1.5. Operacionalización de variables	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. Antecedentes de la investigación.....	20
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	20
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	24
2.1.3. Antecedentes regionales y locales	26
2.2. Bases teóricas	28
2.2.1. Aguas ácidas superficiales	28
2.2.2. El pH	28
2.2.3. Hidróxido de calcio	29
2.2.4. Neutralización del pH en aguas.	29
2.2.5. Tratamiento de aguas superficiales.....	30
2.3. Bases legales	30
2.3.1. Ley N° 28611 – Ley General del Ambiente.....	30
2.3.2. Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos.....	30
2.3.3. Estándares de Calidad Ambiental (ECAs)	31
2.4. Definición de términos básicos.....	32
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	34
3.1. Método y alcance de la investigación	34
3.1.1. Método general.....	34
3.1.2. Método específico	34

3.1.3.	Tipo de investigación.....	34
3.1.4.	Nivel de investigación	34
3.2.	Diseño de la investigación	35
3.3.	Población y muestra	35
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
3.4.1.	Técnicas e instrumentos.....	36
3.4.2.	Materiales	37
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		45
4.1.	Presentación de resultados.....	45
4.2.	Prueba de hipótesis	49
4.3.	Discusión de resultados	54
CONCLUSIONES		57
RECOMENDACIONES		58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		59
ANEXOS		63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Toma de muestra.	36
Tabla 2. Materiales y equipos para el desarrollo de la investigación.	37
Tabla 3. Muestras y dosificación aplicada.....	40
Tabla 4. Resultados de medición del pH del río Millojahuirá.....	45
Tabla 5. Resultados de medición para prueba de control de pH	45
Tabla 6. Tipos de cal como alcalinizante.	46
Tabla 7. Resultados de pH final.....	48
Tabla 8. Prueba de normalidad para resultados de pH	50
Tabla 9. Resultados de ANOVA para la concentración de pH	51
Tabla 10. Resultados de TUKEY para la concentración de pH	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Medición del pH de la muestra de control.	40
Figura 2. Pesado y medición de la primera dosificación D1.	41
Figura 3. Pesado y medición de la segunda dosificación D2	41
Figura 4. Pesado y medición de la tercera dosificación D3.....	42
Figura 5. Contraste de las tres dosificaciones con la muestra de control.	42
Figura 6. Toma de datos de la última repetición.	43
Figura 7. Dosificaciones realizadas.	43

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Ilustración 1. Resultado final de pH.....	49
Ilustración 2. Medias de la concentración de pH.....	53

RESUMEN

La calidad del agua es muy fundamental para el ser humano a futuro y esta se ve englobado en factores y problemas ambientales, tales puedan ser de forma natural o como causada por el ser humano por sus actividades, dentro de ello influye mucho el nivel ácido y alcalino del pH presente en los cuerpos de agua. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo de investigación es evaluar el efecto del hidróxido de calcio (cal apagada) en el proceso de la estabilización del potencial de hidrógeno (pH) de las aguas desembocadas del río Millojahuira en el embalse Pasto Grande, Moquegua. Para el proceso de estabilización del pH se usó la siguiente metodología experimental, mediante ensayos de dosificación. Las muestras fueron tomadas del río Millojahuira siguiendo el protocolo nacional para monitoreo y toma de muestras de agua del ANA, se recolectó 8 litros de muestra y se realizaron 4 ensayos donde se emplearon dosificaciones de 0.3, 0.5 y 0.7 g/L de hidróxido de calcio los cuales se compararon a nuestra muestra de control el cual no contenía ninguna dosificación, para este experimento se realizó tres repeticiones. Se observó que en todas las dosificaciones D1, D2 y D3 se incrementó el nivel del pH a 9.15, 7.03 y 4,17 respectivamente teniendo en cuenta que el valor de pH de la muestra de control el cual no contenía ninguna dosificación fue de 2.56 identificándola como agua ácida, donde se determinó como dosificación óptima 0.5g/L de hidróxido de calcio para la estabilización de pH cumpliendo así con los valores que nos da la normativa vigente nacional de agua para consumo humano asimismo con el estándar de calidad ambiental para agua (ECA Agua) los resultados obtenidos fueron validados con la prueba estadística de ANOVA de un factor y por la prueba de Tukey debido a la normalidad y homogeneidad de los datos de concentración de pH obtenidos con cada dosificación y repetición, según los resultados obtenidos estadísticamente se concluyó que el hidróxido de calcio (cal apagada) influye de manera significativa en la estabilización del pH de las aguas desembocas del río Millojahuira en el embalse Pasto Grande, resaltando esta sustancia como una alternativa para ser usada como alcalinizante o tratamiento de aguas ácidas.

Palabras claves: Hidróxido de calcio, dosificación, potencial de hidrógeno (pH), neutralización, calidad. ECAs.

ABSTRACT

The quality of water is very fundamental for the human being in the future and this is encompassed in environmental factors and problems, such as they can be naturally or as caused by the human being due to their activities, within this the level of acid and alkaline pH present in water bodies. For this reason, the objective of this research work is to evaluate the effect of calcium hydroxide (slaked lime) in the process of affirming the Hydrogen potential (pH) of the waters flowing from the Millojahuira River into the Pasto Grande reservoir, Moquegua. For the pH certainty process, the following experimental methodology was used, by means of dosage tests. The samples were taken from the effluent of the Millojahuira River following the national protocol for monitoring and water sampling of the ANA, 8 liters of sample were collected and 4 tests were carried out where dosages of 0.3, 0.5 and 0.7 g/L of Hydroxide were used. of Calcium which were compared to our control sample which did not contain any dosage, for this experiment three repetitions were carried out. It was observed that in all dosages D1, D2 and D3 the pH level increased to 9.15, 7.03 and 4.17 respectively, taking into account that the pH value of our control sample which did not contain any dosage was 2.56 where the optimum dosage of 0.5g/L of calcium hydroxide was identified for the effectiveness of pH, thus verifying with the values given by the current national regulations on water for human consumption with the environmental quality standard for water (ECA Water). The results obtained were validated with the statistical test of ANOVA of one factor and by the Tukey test due to the normality and homogeneity of the pH concentration data obtained with each dosage and repetition, according to the results obtained statistically, it was concluded that the hydroxide of calcium (slaked lime) significantly influences the determination of the pH of the waters that flow from the Millojahuira River into the Pasto Grande reservoir, highlighting this substance as an alternative to be used as an alkalizer or acid water treatment.

Keywords: Calcium Hydroxide, Dosage, hydrogen potential (pH), Neutralization, Quality. ECAs.

INTRODUCCIÓN

A través de los tiempos el recurso hídrico siempre ha sido fundamental y vital para el ser humano, ya que es un elemento en el cual nos mantiene vivos y a medida que van pasando los años no se está tomando conciencia de la importancia del recurso hídrico, por lo que se ha convertido en un problema ambiental, colocando como factor principal la calidad del agua por ser visualizada desde las características naturales, la formación de ecosistemas, hasta la gestión hidrológica. Para ello es importante conocer que la alteración de la calidad del agua puede ser de origen natural por la misma composición del suelo y sustratos, como también de orígenes causados por el hombre como vertimiento de aguas residuales, actividades mineras, residuos sólidos, etc.

En el Perú se aprobó el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM donde se aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias, siendo un reglamento para poder monitorear el comportamiento del agua de ríos, lagos, bofedales, pantanos, manglares y mares. Dentro de esta normativa está incluido los parámetros físicos químicos, metales pesados y microbiológico.

El río Millojahuirá es un afluente principal aportante al embalse pasto grande que proporciona el recurso hídrico al departamento de Moquegua y el valle de Tambo del departamento de Arequipa, en las cuales sus condiciones de calidad de agua discurren aguas ácidas con un nivel de pH 2.56, la cual no va direccionada con los estándares de calidad ambiental. En la actualidad, por los efectos del cambio climático, se va siendo presente la escasez del recurso hídrico en muchos sectores del país, es ahí donde influye mucho la calidad del agua, es por ello que se tiene que tomar acciones sostenibles para poder mitigar y mejorar la gestión del recurso hídrico, y obtener resultados viables, rentables y lo más sostenible con el entorno natural.

Es por eso que en el presente trabajo de tesis se cuenta con cuatro capítulos donde se experimenta con el hidróxido de calcio viendo su efecto y eficacia en el tratamiento de aguas ácidas como su estabilización de pH, entre ellos tenemos el capítulo I, donde encontraremos el planteamiento de problema, su formulación, los objetivos de esta investigación, la justificación de la investigación y las hipótesis planteadas; en el capítulo II, se adjunta toda la recolección de antecedentes, bases teóricas y definiciones de términos de referencia los cuales nos ayudarán a conocer más sobre lo que estamos tratando; en el capítulo III, conlleva toda la parte metodológica de la investigación, los

alcances, la población y muestra, en este capítulo se explica la metodología en que se basó esta investigación para la toma de muestras e interpretación de los mismos; en el capítulo IV se detalla los resultados obtenidos en la investigación los cuales fueron obtenidos según la metodología explicada en el capítulo anterior, en este capítulo también se realiza la comprobación de la hipótesis a través de forma estadística y la discusión de resultados. Finalmente podemos encontrar las conclusiones, recomendaciones y anexos del trabajo de investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

El planeta está conformado por varios elementos, uno que podemos encontrar en abundancia es el agua y la podemos encontrar en sus distintas etapas ya sea en forma líquida, como es en océanos, ríos y lagos; en forma sólida, ya sea almacenada en forma de hielo o nieve; asimismo podemos encontrarla en forma gaseosa o vapor, almacenada en la atmósfera en forma de humedad o nubes (1).

Y en cualquiera de sus etapas se puede encontrarla en cada rincón del planeta y puede ser en mayor o menor abundancia dependiendo del lugar, geografía y clima, así también podemos encontrar agua dulce o salada. Se tiene la suerte de que esto sea así; debido a que el agua toma el rol de ser un elemento indispensable para la preservación y avance de la vida ya sea en las plantas, animales, humanos y los distintos tipos de vida que existen y habitan en el planeta Tierra. El agua también puede ser importante y utilizado en distintas actividades que son parte de la vida del hombre como las fuentes de energía basadas en sistemas de energía hidráulica donde usan la fuerza del caudal del agua para obtener energía, también puede ser usada como fuente de transporte ya sea fluvial o marítimo, para la misma higiene y consumo de las personas y en la agricultura y criado de ganado o animales para el consumo (2).

Este indispensable recurso tiene que cumplir con distintos parámetros y aspectos mínimos de calidad para su uso en actividades del hombre como es la agricultura, ganado, consumo y recreación, por este motivo la Organización Mundial de la Salud ha desarrollado periódicamente estándares internacionales de calidad de agua potable los cuales se han tomado como guías para preservar y aumentar la calidad de agua en distintos países, los cuales tienen una legislación regulada de forma interna para tener un control de los elementos o agentes externos que puedan estar contaminando o alterando la calidad del agua que pueda estar destinada para el consumo de la población o el desarrollo de sus actividades como se ha venido mencionando (3).

En el Perú podemos ver que se han establecido estándares de calidad para distintos elementos como aire, suelo y agua; en el caso del agua tenemos los Estándares de calidad Ambiental (ECA) para agua, la cual está establecida por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, donde observamos los parámetros a evaluar y límites a conservar en cada

parámetro establecido para cada categoría de uso como lo especifican en el decreto publicado (4).

En la ciudad de Moquegua podemos encontrar una oferta hídrica la cual proviene del río Tambo y el río Moquegua, el agua que proviene del río Tambo es repartida con algunas provincias de Arequipa, mientras que el río Moquegua el cual proviene de los aportes de quebradas menores, en la parte alta cuyos caudales se acumulan con mayor ímpetu en la época húmeda de cada año, aporta a la oferta hídrica en toda la región la cual una vez iniciada la parte alta recorre el valle de Moquegua hasta su llegada al océano Pacífico. También se tiene la presencia durante todo este tramo aportes pequeños provenientes de quebradas donde su actividad es efímera o quebradas las cuales no tienen actividad constante (5).

En vista de que al pasar de los años se observó una mayor demanda hídrica causada por el crecimiento del área urbana en las regiones y el aumento demográfico se ve conveniente, para una mayor disposición de recurso hídrico, desarrollar el Proyecto Especial Regional Pasto Grande (PERPG) en la ciudad de Moquegua el cual fue creado el 18 de noviembre de 1987 según el Decreto Supremo N°024-87-MIPRE (6).

El proyecto está alimentado por 04 principales ríos: río Millojahuira, río Antajarane, río Patara y el río Tocco. Los cuales aportan agua al embalse Pasto Grande para después ser distribuida a la región (7).

Según monitoreos realizados por la autoridad nacional del agua en los informes de calidad de recurso hídrico que se realiza de la cuenca Moquegua, se identifica que el agua que proviene del río Millojahuira y el río Antajarane los cuales son parte de los principales aportantes del embalse, es agua ácida; siendo el río Millojahuira el aportante de agua ácida más regular y constante que el río Antajarane (7).

Esto influye a que el agua que se acumula dentro del embalse Pasto Grande tenga un pH ácido, la cual una vez soltada al sistema de derivación del embalse a la región recorre un tramo considerable donde es usada para actividades de riego, criadero de ganado, y consumo de la población perteneciente a zonas aledañas del embalse, todo esto antes de que esta agua llegue a una bocatoma o planta de tratamiento; pudiendo ser dañina a largo plazo para la población que la consume y teniendo un efecto negativo en el crecimiento de plantas y animales.

Evaluar el efecto del hidróxido de calcio (cal apagada) y su dosificación óptima para ser usado como alcalinizante en las aguas desembocadas del río Millojahuira en el embalse Pasto Grande es el objetivo principal de la presente investigación, esto con la finalidad de estabilizar el pH y mantener los valores dentro de lo que dictan los parámetros establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua destinada a uso poblacional y agricultura; mejorando la calidad de agua que se tiene en la región de Moquegua.

1.1.1. Problema general

- ¿Cuál es el efecto del hidróxido de calcio (cal apagada) para la estabilización del pH de aguas desembocadas del río Millojahuira en el embalse Pasto Grande, Moquegua - 2022?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el valor del parámetro pH de aguas desembocadas del río Millojahuira en el embalse Pasto Grande?
- ¿Qué tipo de Cal es la más eficiente para la estabilización del pH en aguas superficiales?
- ¿Cuál es la dosificación óptima para la estabilización del pH de aguas desembocadas del río Millojahuira en el embalse Pasto Grande?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto del hidróxido de calcio (cal apagada) en la estabilización del pH de aguas desembocadas del río Millojahuira en el embalse Pasto Grande, Moquegua - 2022.

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar el parámetro pH de aguas desembocadas del río Millojahuira en el embalse Pasto Grande.
- Definir el tipo de cal más eficiente para la estabilización del pH en aguas superficiales.
- Determinar la dosificación óptima para la estabilización del pH de aguas desembocadas del río Millojahuira en el embalse Pasto Grande.

1.3. Justificación e importancia

La presente investigación tiene como finalidad la mejora de los parámetros fisicoquímicos, hablando específicamente del pH de aguas desembocadas del río Millojahuirá en el embalse Pasto Grande, este río es uno de los afluentes principales que aportan agua al embalse Pasto grande. Asimismo, se identificó por medio de informes técnicos de monitoreos que realiza la Autoridad Nacional del Agua y misma directiva ambiental de Pasto Grande que estas aguas pertenecientes al afluente Millojahuirá tienen un pH ácido aportando agua ácida al embalse, siendo esto una falta al cumplimiento de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) los cuales se dividen en categorías: “categoría 1: Uso poblacional y recreacional, la categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales y para la categoría 4: Conservación del medio acuático. Ríos Costa y Sierra” (4), en el tramo que recorre esta agua antes de llegar a una planta de pretratamiento o tratamiento de agua donde se pueda mejorar la calidad de esta.

Las aguas del río Millojahuirá identificadas como ácidas provienen desde la parte alta de la cuenca del río hasta su desembocadura en el embalse, en la zona que está ubicado este río presenta suelos mineralizados, asimismo áreas termales estos dos factores serían el principal motivo de que las aguas pertenecientes a esta microcuenca donde se ubica el río Millojahuirá sean ácidas y tengan la presencia de algunos metales como hierro, níquel, manganeso y aluminio, que también se identifican en los monitoreos realizados por la autoridad nacional del agua (7).

Este problema identificado en el sistema de almacenamiento y distribución hídrica en la región Moquegua puede ser solucionado con otros alcalinizantes convencionales para la estabilización de pH en aguas ácidas, los usados regularmente son carbonato de sodio (Na_2CO_3), carbonato de calcio (CaCO_3), el bicarbonato de sodio (NaHCO_3) y el hidróxido de sodio (NaOH) los cuales actúan como buenos reguladores de pH cada uno con una dosificación distinta (8).

El hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) o conocido como cal apagada comúnmente, también es usada como alcalinizante en el tratamiento de aguas ácidas, la presente investigación experimenta esta opción por ser más económica, de fácil alcance y según referencias bibliográficas más eficaces, probando su eficiencia frente a las aguas ácidas del río Millojahuirá y buscando la dosificación óptima para la estabilización del pH.

Es importante mejorar la calidad del agua que va destinada a la población, ya que es un recurso importante e indispensable para el desarrollo de sus actividades desde el consumo hasta actividades como la agricultura, crianza de ganado, acuicultura, en las pequeñas industrias, en la higiene de la población entre otros.

Según las proyecciones y estimaciones demográficas de la población en el Perú realizadas por el Instituto Nacional de Estadística e Informática se analizó el crecimiento de la población en cada departamento, en este análisis se observa que el departamento de Moquegua viene aumentando su tasa demográfica desde 1995 hasta la actualidad y según proyecciones va en aumento (9), esto generará a través de los años un aumento en la demanda del recurso hídrico en la región, por tal motivo es de mucha importancia aprovechar todo el recurso hídrico que nos brinda la cuenca de la región Moquegua la cual cumpla con los estándares de calidad ambiental y sea aceptable para el consumo y uso humano.

1.4. Hipótesis

Ho: El hidróxido de calcio (cal apagada) no influye de manera significativa en la estabilización del pH de las aguas desembocas del río Millojahuira, en el embalse Pasto Grande.

Ha: El hidróxido de calcio (cal apagada) influye de manera significativa en la estabilización del pH de las aguas desembocas del río Millojahuira, en el embalse Pasto Grande.

1.5. Operacionalización de variables

VARIABLES		DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente	Hidróxido de calcio (Cal apagada)	Este elemento se obtiene por hidratación del óxido de calcio (cal viva), el hidróxido de calcio es utilizado como regulador de pH en procesos de industrias mineras y neutralizador de ácidos en el procesamiento de aguas. (10)	Se pesaron dosificaciones de Hidróxido de calcio según las referencias bibliográficas tomadas, siendo estas: D1 (0.7g), D2 (0.5g) y D3 (0.3g). Donde se identificará la dosificación óptima para alcanzar un pH que este dentro de los parámetros de los ECAs.	Uso del hidróxido de calcio (cal apagada)	Dosificación de hidróxido de calcio (Cal apagada)	g/L
Variable Dependiente	pH del agua desembocada del río Millojahaira	El pH es un parámetro de medida de acidez o alcalinidad del agua, son iones de hidrógeno concentrados en agua. El pH es medido en una escala logarítmica con valores de 0 a 14. (11)	Se medirá el valor pH antes de la aplicación de las dosificaciones de hidróxido de calcio (cal pagada) a las muestras de aguas ácidas. Posterior al tiempo requerido para que el hidróxido de calcio haga efecto se procederá a medir nuevamente el valor pH después de la aplicación.	pH	Grado de acidez o alcalinidad.	Escala del 0-14

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

En la tesis titulada: “Evaluación de alcalinizantes en el proceso de ajuste del pH para el agua tratada del río Cauca”, se tuvo como objetivos específicos la identificación del alcalinizante óptimo para realizar el desarrollo de estabilización del pH perteneciente al río Cauca, las muestras fueron evaluadas en un laboratorio para constatar su eficacia en el ajuste del pH del agua. El seguimiento de las muestras se realizó por un mes distribuido en seis jornadas de trabajo para poder evaluar el comportamiento del pH de las aguas tratadas a estudiar, se consideró 5 mediciones por hora, Seguido de un proceso de determinación de la concentración para poder aplicar los distintos alcalinizantes se tuvo como resultado diferencias significativas entre las distintas muestras de alcalinizantes, observándose que cualquiera de estos alcalinizantes podría ser útil en el proceso de estabilización de pH del agua estudiada, para este experimento se identificó según referencias bibliográficas alcalinizantes más efectivos y utilizados para el ajuste del pH, tratándose de cal hidratada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), el carbonato de sodio (Na_2CO_3), el bicarbonato de sodio (NaHCO_3), carbonato de calcio (CaCO_3) y el hidróxido de sodio (NaOH) (10).

En la investigación titulada: “Efecto del hidróxido de calcio sobre la calidad de agua y la producción de estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei* en aguas salobres”, Tuvo como objetivo en determinar si el hidróxido de calcio tiene un efecto positivo frente a los parámetros físicoquímicos y microbiológicos de aguas saladas de los abrevaderos con cultivos de camarones (*Litopenaeus vannamei*), para ello se realizó un tratamiento donde se utilizó 6 estanques de 0.1 ha, en los cuales se dividió en dos tratamientos. En el Tratamiento A se agregó una concentración de 10 individuos/m² de camarones (*Litopenaeus vannamei*) con 100 kg/ha de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, y el tratamiento B no tuvo ninguna aplicación de material, El material tuvo una duración de 12 semanas, los resultados analizados mostraron que con la aplicación de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ los tratamientos no variaron ni tuvieron un cambio significativo y se llegó a una conclusión que el parámetro físicoquímico (pH) influye mucho con la adición del material calcáreo Cal en el tratamiento de cultivo de camarones (*Litopenaeus vannamei*), siendo esto que en

el proceso del experimento a 2 horas de aplicar la $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ya comenzó a tener cambios significativos(11).

En el trabajo de investigación “Estudio para el tratamiento de las aguas ácidas por neutralización – precipitación en interior de la Mina Santa Fe, Bolivia”, El propósito fue plantear un tratamiento fisicoquímico para tratar las aguas ácidas mediante el proceso de neutralización del pH, ya que su proveniente son aguas ácidas de la actividad minera, Para el proceso experimental se identificó el punto donde se realizó un pre análisis fisicoquímico, luego se tomó muestra de agua ácida, con una cantidad de 20 litros, en las pruebas desarrolladas se utilizó una cantidad de 0.1g de (CaO) en un volumen de 500 ml de agua ácida, con la finalidad de estabilizar el pH, los ensayos fueron constantes hasta alcanzar la neutralización del pH. Para el óptimo uso de la cal se consideró 2 gramos de cal/ litro, los resultados después de desarrollar las pruebas fueron: Va de acuerdo con la normativa ambiental que para el óptimo tratamiento es de una cantidad de 0,4 a 0,6 gramos de Cal en 500 ml por litro. Se concluye que el mejor factor neutralizador de aguas ácidas es la utilización de (CaO) considerando que el tiempo es de 1/4 de hora para ver los resultados, es recomendable aplicarlo, ya que es aplicable para la neutralización de aguas ácidas.(12).

En el trabajo de investigación “Monitoreo y medición del ajuste del pH del agua tratada del río Cauca mediante índices de estabilización”, el cual tuvo como objetivo identificar los diferentes tipos de tratamientos de estabilización donde su base de análisis fue el río Cauca por ser una fuente de 80% en abastecer a la ciudad de Cali, a fin de poder darle una opción en tratamiento de estabilización de pH. Para la realización de investigación tuvo como partida la revisión de literatura enlazada con métodos de tratamiento de estabilización, se categorizó puntos de información necesarios, una vez identificados los antecedentes, se procedió a estudiar la calidad de agua del río Cauca siendo la base de investigación histórica de periodos actuales o recientes, seguido se desarrolló un análisis estadístico descriptivo, siendo como resultado que: el tratamiento más viable en la estabilización del ajuste del pH, es la utilización de carbonato de calcio CaCO_3 , tomando referencia a las condiciones del agua y poder mejorar el tratado de aguas del río tratado de Cauca, en los análisis estadísticos no se pudo identificar la concentración exacta de CaCO_3 , por lo general permiten que sean rentables al tratar este tipo de aguas y mejorar la condición de calidad de estas(13).

En la investigación: “Evaluación de tres tipos de Cal para el tratamiento primario de las aguas residuales del café”, el propósito es detectar la mejor viabilidad para poder tratar aguas contaminadas y guiar el proceso de neutralización del pH y la precipitación de sólidos, para este método de investigación se utilizó tres tipos de cal entre ellas la cal apagada o hidratada, cal agrícola y dolomita. Considerando que es un tratamiento primario de aguas residuales de café, se identifica que el hidróxido de calcio (cal apagada), el carbonado de calcio (cal agrícola), son óptimos en los tratamientos de aguas, se realizó ensayos de jarras con la aplicación de distintas dosis de cal en 500 ml de muestra de agua residual, se procedió con la mezcla a 120 rpm esto con un tiempo de 5 minutos, dejando reposar un periodo de 25 minutos hasta tener la presencia de sedimentos, se realizó este procedimiento en 5 ensayos previamente evaluados con la dosis de cal de: 1.000, 2.000, 3.000, 4.000 y 5.000 mg/L, después realizadas las pruebas se pudo comparar los comportamientos de los ensayos y la dosificación de cal apagada, agrícola y dolomita por individual probando distintas dosificaciones, como resultado se obtuvo: que todos los ensayos tuvieron valores de pH más alcalinos y los cuales se encontraban dentro de los valores indicados por los estándares de calidad en función a los coagulantes químicos, asimismo se observó que para el primer tratamiento de aguas residuales de la producción de café el alcalinizante conocido como hidróxido de calcio o de nombre común cal hidratada o cal apagada fue el más apropiado con una dosis de 2,60g de cal por litro de agua residual, siempre y cuando la DQO sea de 12.500 mg/L y 4,63g de cal por litro de agua residual si la DQO de 25.000 mg/L, optimizando los sistemas funcionales biológicos para poder utilizar las aguas residuales del Café (14).

En el trabajo de investigación “Control de pH para planta de tratamiento de aguas residuales”, tuvo como objetivo el planteamiento de una planta de tratamiento donde se automatizaría la estabilización de pH en la PTAR de una industria productora de jugos, esta neutralización se realizaría con algún alcalinizante. Por medio de simulación Matlab, se tuvo como consideración la creación o diseño de una estructura en este caso el controlador de la planta, se usó la ecuación del equilibrio de masa, la causa química en el proceso hizo que se neutralizara las sustancias ácidas es decir: $\text{Tiempo} \times \text{Caudal} = \text{Volumen}$, Una vez realizado el análisis a través de fórmulas para reacciones entre bases fuertes y ácidos fuertes evaluando distintos tipos de alcalinizantes se concluye que el diseño del reactor para el proceso de neutralización

es eficaz, esto nos puede ayudar a identificar un diseño para aplicar la neutralización del pH en aguas ácidas de acuerdo al alcalinizante aplicado(15).

En el trabajo de investigación “Suavización del agua a través de la precipitación de carbonato de calcio obtenida por las reacciones de reducción electroquímica de protones y de oxígeno”, se tuvo como objetivo realizar un estudio de factores que afectaran la suavización electroquímica a nivel laboratorio, para esto se realizó un método electroquímico llamado electro cristalización con 0.3g de carbonato de calcio disuelto para intervenir en la reacción de oxígeno del agua así incrementando el pH en la interfase del electrodo. El resultado demuestra la posibilidad de precipitación del carbonato de calcio sobre un electrodo de las reacciones de oxígeno o de protones, se vio que el carbonato de calcio comúnmente conocido como cal agrícola tiene un efecto positivo como alcalinizante, incrementando el pH de las muestras tomadas (16).

En el trabajo de investigación “Evaluación de diferentes tipos de cal y digestor enzimático de rastros en la disminución de coliformes fecales en lodos provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de San Luis Talpa, La paz, El Salvador”, tuvo como objetivo de analizar si las aguas de una PTAR cumplen con las normas mexicanas hablando específicamente de los parámetros para coliformes fecales, estas aguas puedan ser usadas a la agricultura, por lo que se realizó un tratamiento tres tipos de cal, las cuales fueron: hidróxido de calcio (cal apagada), carbonato de calcio (cal agrícola) y la cal yeso estas con tres dosificaciones se evidenció, según el poder de neutralización, que el tipo de cal más eficiente es el hidróxido de calcio (cal apagada) con un valor de neutralización de 136, la aplicación de este alcalinizante incrementó el pH de 6.0 a 11.4 este resultado provocó la disminución de la población de bacterias coliformes fecales (17).

En esta investigación “Modelo para la dosificación de cal en la Planta Wiesner” se busca plantear un modelo el cual permita a futuro conocer de forma fácil y acertada el comportamiento del agua dentro de lo que es el proceso de estabilización de pH con la dosificación óptima de cal apagada evitando el uso innecesario y/o desperdicio de esta base alcalina en la planta de tratamiento de Wiesner, esto optimizará el proceso de tratamiento. Para realizar el modelo se empezó recolectando muestras en recipientes de 200 ml donde separaremos nuestras muestras antes de la dosificación de cal en la planta (muestra de control) y en muestras post dosificación de cal, una vez se cuenta con estas muestras se procede a tomar la temperatura de ambas para posteriormente

tomar las medidas de pH, alcalinidad y dureza de calcio. Todo este procedimiento se realizó en 12 repeticiones, como resultado se evidenció que para esta planta resulta eficaz como alcalinizante la cal (18).

2.1.2. Antecedentes nacionales

En el trabajo de tesis titulado: “Eficiencia del hidróxido de calcio en el tratamiento de las aguas ácidas de una relavera en Pasco, a nivel laboratorio”, se observó como su principal objetivo la evaluación y análisis del comportamiento de un alcalinizante (Hidróxido de calcio) viendo su eficiencia en el tratamiento de aguas ácidas pertenecientes a una relavera en la ciudad de Pasco, donde se identificó que esta contaminación afectaba a la salud de la población identificando plomo en su sangre y al medio ambiente. Para lograr su objetivo se estudió los parámetros fisicoquímicos del lugar de muestreo antes de la aplicación del hidróxido de calcio, una vez obtenido los resultados procedió a trabajar con tres dosis de hidróxido de calcio (6 g/L, 8 g/L y 10 g/L), las cuales se agregaron en las muestras recolectadas de 500 ml de agua ácida en tres vasos de precipitado los cuales fueron mezclados a 240 rpm por 30 minutos, se realizó una pausa para esperar que el pH se estabilice posterior a eso se midieron los parámetros fisicoquímicos de cada vaso de muestra. Los resultados que se obtuvo del experimento mostraron que de las tres dosis de hidróxido de calcio (6 g/L, 8 g/L y 10 g/L) las cuales fueron aplicadas a las muestras de agua recolectadas de la relavera, la tercera muestra a la cual se le aplicó una dosis de 10 g/L del alcalinizante (Hidróxido de calcio) fue la más eficiente incrementando de manera positiva el pH hasta su estabilización (19).

En el trabajo de tesis titulado: “Influencia de la dosificación de cal en el tratamiento de las aguas ácidas de la Quebrada Mesa de Plata Hualgayoc-2018”, tuvo como objetivos la identificación de la calidad de dichas aguas con un pre análisis en ínsito y en laboratorio, del mismo modo estimar con exactitud el porcentaje de dosificación más eficiente para el proceso de neutralización, y por último la comparación con los valores que se contemplan en los parámetros establecidos en los ECAs, en las pruebas se desarrolló la recolección de 2 muestras en puntos específicos de concentración con un total de 10 litros para cada muestra con una diferencia de tiempo de 1 día y el otro con 10 días, en cada muestra se añadió cal viva de 0.5, 0.75 y 1 gramos, seguido de la agitación y reposo hasta llegar al laboratorio, La muestra dosificada con mejor resultado nos dio un pH de 8.43 promedio, de este modo se concluyó que la

dosificación de cal influye de manera positiva en aguas ácidas mejorando las condiciones de la misma para cumplir con los ECAs, la dosificación de cal asertiva es de 0.75 gramos. Se considera que el tiempo apropiado para la agitación es de 25 minutos con un tiempo de media hora de sedimentación para resultados más exactos (20).

En el trabajo de tesis titulado: “Caracterización y tratamiento de efluentes de aguas ácidas en la Mina la Rinconada - Puno”, tiene como objetivos específicos: detectar las características fisicoquímicas de las aguas provenientes de la mina estudiada, definir el método más efectivo para neutralizar las aguas ácidas empleando una guía para la estabilización el pH en su procedimiento experimental se detectaron 4 puntos clave para la toma de muestras, con un total de 20 litros de aguas ácidas, para la dosificación se usó lechada de cal con una concentración de 4% es decir 0,4 g/L la cual se pesó y diluyó en 100 ml de agua estéril posteriormente se aplicó la solución en las muestras y se precedió a pasar cada muestra por el proceso de agitación magnética, en los 4 ensayos se hizo el mismo procedimiento solo varió la cantidad de mililitros de la solución de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, después realizado los ensayos se evidenció un incremento en la concentración de pH que varía entre 6,2 a 6,5, concluye que con la lechada de cal al 4% se logra un efecto en la neutralización del pH, se planteó que con los resultados obtenidos es factible diseñar una guía la cual nos puede ayudar con el proceso de neutralización del pH, así como también en el proceso de remover los metales pesados mejorando sus valores en el caso del Fe y Mg (21).

En el trabajo de tesis titulado: “Diseño y operatividad de la planta de neutralización de aguas ácidas de Mina Paragsha Cerro de Pasco en Minera Volcán S.A.A.”, donde se propone la creación de una planta de tratamiento la cual va enfocada en la neutralización de todo tipo de aguas ácidas la cual esté afectada por cualquier factor ambiental que impacte de forma negativa, para este diseño se tuvo en consideración varios ámbitos como: pruebas experimentales de neutralizadores de aguas ácidas, pruebas metalúrgicas, o antecedentes de plantas de cal y en el uso de reactivos que facilitan la efectividad del tratamiento de neutralización, se observa que en la planta de tratamiento en el proceso de neutralización se trabaja con la lechada de cal la cual esta base del hidróxido de calcio siendo este un alcalinizante eficiente para la estabilización de pH y los metales pesados para los cuales se incrementa sobre el rango

establecido el ECA el pH en un primer tratamiento, posteriormente tratados estos metales pesados se realiza un ajuste del pH(22).

En el trabajo de tesis titulado: “Efecto de la dosificación de cal en la remoción de hierro y cobre del efluente de la empresa Minera San Simón la Libertad”, Se realizó la experimentación con óxido de calcio con tres distintas dosificaciones y en tres tiempos distintos, antes de aplicar las dosis se tomó la muestra de control donde se evaluó los parámetros fisicoquímicos de hierro, cobre y pH de la muestra con ayuda de un espectrofotómetro y un pH-metro. La muestra se caracteriza por tener un pH ácido de 3.51 por otro lado el hierro y cobre alcanzan valores de 61.935 y 19.415 ppm respectivamente. Posterior a la caracterización de las concentraciones iniciales se procedió a verter cada dosificación de cal (óxido de calcio) las cuales fueron determinadas por el investigador. En donde la dosificación y tiempo que más se acercaron a la normativa ambiental de acuerdo al Decreto supremo N°010-2010-MINAM, es la dosificación de 80 g/L con un tiempo de 90 minutos para el tratamiento de agua ácida, ya que dio para la concentración de hierro un 98.504% de remoción disminuyendo su concentración a 0.927 ppm y para el parámetro del cobre un 98.036% de remoción reduciendo su concentración a 0.384 ppm, finalmente en el parámetro de pH se incrementó hasta llegar al 8.97 estando este dentro del rango establecido por la normatividad. Se evidenció que el tiempo de agitación tiene una influencia en los resultados de los tres parámetros aumentando uno (pH) y bajando los otros dos (hierro y cobre) (23).

2.1.3. Antecedentes regionales y locales

En el trabajo de tesis titulado: “Determinación del índice de calidad de agua del río Asana de la Cuenca Asana – Osmore - Ilo, del distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua”, cuál objetivo específico es calcular en el río los parámetros biológicos y fisicoquímicos, seguido realizar una comparación según los ECAs para la categoría 3, realizar mapas del río Asana, en este ensayo desarrolló tres pruebas, primero ubicando los puntos con sus coordenadas referenciales, se tomó la pruebas microbiológicas y fisicoquímico, todo esto se hace en consideración con la guía de monitoreo de calidad de agua, cumpliendo de esta forma con la recolección de muestras para la realización de análisis certificada, por un laboratorio acreditado, después de seguimiento protocolar se tuvo como resultados: se encontraron bajos de

los niveles de ECAs y con solo la existencia de zinc, plomo, manganeso, hierro, boro, aluminio, referente al pH en las pruebas varía entre 7.12 a 7.5 (24).

En el trabajo de tesis titulado: “Influencia de la calidad del agua superficial del río Huacaname sobre el río Coscore y el río Tumulaca Moquegua – Perú.” Tiene como finalidad la realización de un análisis hidroquímico del agua, analizar y a nivel macro y micro la calidad del agua según los índices de calidad (ICA-PE), Aplicar un diseño hidrogeológico en la cual con la ayuda de un software CORMIX, y categorizar los contaminantes presentes en los puntos determinados, la metodológica de esta investigación se desarrolló en los ríos Asana, Charaque, Capillune, Huaracane, Coscore y Tumulaca. Se consideraron todo tipo de parámetros en el monitoreo, dicha pre-evaluación se desarrolló con guía de la ANA es decir los indicadores de ICA-PE, IPA e IM. El ICA-PE para que sea más factible la realización del estudio de la calidad de agua, para el desarrollo del software, tuvo en cabecera las características hidroquímicas de la calidad de agua, se usó una serie de formas de diagramas dentro de ellas se usó el programa Diagrammes, con lo que se concluyó lo siguiente: la aplicación de la investigación será modelo y guía para elaborar un padrón sistemático de seguimiento en los ríos del departamento de Moquegua, con datos globales que facilitarán el desarrollo de próximos estudios hidrológicos según la calidad de los cuerpos de agua, en este trabajo de investigación se toma en cuenta la guía de la ANA siendo esta la más usada por los investigadores para el monitoreo de aguas superficiales (25).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aguas ácidas superficiales

Según Aduvire el 2006 conceptualiza que las aguas ácidas se vienen a conformarse por medio de la interacción de cantidades considerables de agua, oxígeno y bacterias, siendo esta última esencial para su formación, asimismo menciona que esta puede ser el resultado de los sulfuros oxidados químicamente, dicha acción es acelerada en muchos casos por la intervención de las bacterias. Llegando a la conclusión que los elementos que interfieren principalmente para la formación de aguas ácidas son: los sulfuros reactivos, oxígeno y agua (vapor o líquido), y como elemento catalizador las bacterias (26).

Según la “Guía ambiental para el manejo de drenaje ácido de minas” menciona que las aguas ácidas es producto del tiempo el cual involucra un proceso tanto de reacciones químicas de oxidación así también como de fenómenos físicos relacionados. Se han detectado aguas residuales ácidas en algunos sitios mineros al principio de la operación. Otros pasan de 10 a 40 años antes de que se observen aguas residuales ácidas. Las reacciones de oxidación de sulfuro y formación de ácido probablemente tuvieron lugar en estos lugares. Ocurre durante el tiempo de demora antes de la medición del lixiviado, pero en una pequeña proporción y los productos de oxidación son neutralizados (27).

2.2.2. El pH

Según Iglesias el 2014 menciona que el pH es un valor medido de la acidez o alcalinidad, donde se mide la concentración de iones de hidrógeno en el agua, La escala en que se mide el pH es logarítmica con valores de 0 a 14. A medida que el valor de pH disminuye, el agua tiende a volverse más ácida y con el aumento del valor de pH del agua esta se vuelve más básica o alcalina. Los organismos necesitan un margen reducido de valores de pH. Las variaciones del pH suelen variar la concentración de otras sustancias identificadas en el agua teniendo esto un efecto en su nivel de toxicidad (28).

García de la Fuente en el 2013 nos menciona que existen distintos ácidos fuertes tales como el clorhídrico y el sulfúrico, así también como la existencia de ácidos débiles tales como el acético y el carbónico, de la misma forma existen bases fuertes como la

sosa cáustica y bases débiles como el amoniaco y el hidróxido de amonio. El anión en un ácido determina la fuerza de este, lo mismo ocurrirá con las bases (29).

2.2.3. Hidróxido de calcio

Según el informe técnico de Sur Química el 2017 nos conceptualiza que el hidróxido de calcio o denominado comúnmente como cal apagada o cal hidratada, esta sustancia generalmente se presenta en forma de polvo caracterizado por su color blanco otra forma en que se puede encontrar esta sustancia es en forma de cristales, esta sustancia se obtiene a partir del óxido de calcio (CaO) pasando este por un proceso de apagado, de este modo es que la reacción del óxido de calcio (CaO) con el agua (H₂O) se obtiene el hidróxido de calcio (CaOH₂). Esta sustancia tiene distintos usos en las actividades del hombre dentro de los más conocidos está el control de la acidez ya sea aplicado en el suelo o en el agua, por ejemplo, en el suelo la aplicación del hidróxido de calcio ayuda a mejorar la porosidad, y en el agua ayuda a mejorar los procedimientos de calidad de agua siendo esta la neutralización de la acidez del agua, la mejora en valores como metales pesados y otros contaminantes (30).

2.2.4. Neutralización del pH en aguas

Según Aduvire menciona que existe un proceso en “la adición de sustancias alcalinas o rocas básicas es una medida de control adecuada a corto plazo, aunque en algunos casos su efectividad puede notarse incluso a largo plazo, dependiendo de la cantidad, tipo y grado de reacción de los minerales sulfurosos. De igual forma los estériles y residuos potencialmente ácidos generados los cuales pueden mezclarse con otros materiales alcalinos de recubrimiento del propio depósito y efectuar el vertido en la escombrera de manera controlada” (26).

Medina nos menciona cómo se desarrolla el proceso de neutralización de aguas ácidas, este tratamiento se da inicio en la plata de neutralización donde se bombea las aguas ácidas de la poza y se almacena hacia un tanque donde se adiciona la lechada de cal hasta alcanzar una concentración de pH de 4,3 por cascada pasa al segundo tanque donde se realiza un mezclado rápido en el cual se adiciona más lechada de cal hasta obtener un pH igual a 5,2. Evidenciando en este tratamiento el incremento del pH a través de la neutralización con lechada de cal; este parámetro no es el único afectado, ya que los valores de metales pesados y otros contaminantes también varían conforme se agrega el alcalinizante(22).

Según Ollerana el 2005 menciona que el proceso de neutralización se realiza por aeración, adición de reactivos alcalinos (cal, sosa, carbonato sódico) o por filtración sobre productos alcalinos (mármol, etc.). Estos tratamientos, con excepción de la aeración, dan lugar a un incremento de la mineralización del agua. Si esta mineralización es insuficiente para evitar que el agua sea corrosiva frente a las conducciones metálicas, aunque se encuentre en equilibrio carbónico, debe efectuarse una mineralización complementaria (31).

2.2.5. Tratamiento de aguas superficiales

Según el informe anual de calidad de agua para consumo humano el 2013, menciona que es importante una línea de tratamientos para fortalecer la calidad del recurso hídrico dentro de ellos los emplea en la planta EDAR en la cual emplea tratamientos de “corrección agresividad y desmineralización, coagulación, floculación, flotación por aire disuelto, ozonización, filtración rápida (Línea 1, con filtros de doble capa [arena y antracita] y Línea 2, con filtro monocapa [arena]), ajuste de pH”, teniendo referencia que esta fase de tratamiento es para la neutralización y la continuidad del tratamiento (32).

2.3. Bases Legales

2.3.1. Ley N° 28611 – Ley General del Ambiente

(...)

CAPÍTULO III: GESTIÓN AMBIENTAL

Artículo 31.- Del Estándar de Calidad Ambiental

31.1 El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos (33).

(...)

2.3.2. Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos

(...)

CAPÍTULO V: PROTECCIÓN DEL AGUA

Artículo 76.- Vigilancia y fiscalización del agua

La autoridad nacional en coordinación con el Consejo de Cuenca, en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, sea en sus cauces naturales o artificiales, controla, supervisa, fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad ambiental del agua sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y las disposiciones y programas para su implementación establecidos por autoridad del ambiente. También establece medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación del agua y los bienes asociados a esta. Asimismo, implementa actividades de vigilancia y monitoreo, sobre todo en las cuencas donde existan actividades que pongan en riesgo la calidad o cantidad del recurso (34).

(...)

2.3.3. Estándares de Calidad Ambiental (ECAs)

Según el Ministerio del Ambiente el 2015 menciona que los estándares de calidad ambiental para aguas es el procedimiento que determina las concentraciones o niveles de elementos, sustancias o agentes físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, el agua o el suelo y que, como receptor, no representan un riesgo significativo para la salud humana o el medio ambiente (35).

Los estándares de calidad ambiental para aguas, tiene el propósito de salvaguardar y conservar la calidad de todo tipo de aguas (ríos, lagos, mares, pozos, riachuelos, etc.) a fin de que se pueda aprovechar el recurso hídrico para el consumo humano, riego vegetal y bebida de animales, además vienen clasificados en: categoría 1, población y recreación, categoría 2, extracción, cultivo y otras actividades marino - costeras y continentales, categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales y por último la categoría 4, conservación del ambiente acuático (35).

2.4. Definición de términos básicos

- A. Cal: “Se obtiene por la calcinación de la piedra caliza a altas temperaturas (unos 900 °C) en hornos de diferente concepción y explotación, según sea la aplicación que se vaya a dar al material cocido (normalmente hornos de tipo vertical o rotativo)” (36).
- B. Dosificación: “El hidróxido de cal, se dosifica en el proceso llamado postratamiento, es decir, una vez que el agua ya ha pasado por el proceso de ósmosis inversa, y nos disponemos a distribuirla a través de la red. Se utiliza para mineralizar el agua, aumentando el pH del agua producto y adaptarla a los requisitos del reglamento técnico sanitario” (37).
- C. Calidad del agua: “es una variable descriptiva fundamental del medio acuático, desde el punto de vista de sus características ambientales y desde el punto de vista de la planificación y gestión hidrológica, ya que determina la capacidad del agua para sostener los ecosistemas, la ecología y satisfacer diferentes necesidades” (38).
- D. Alcalinidad: “Es una medida de la capacidad que tiene el agua para neutralizar estos ácidos y es debida a la presencia de bases débiles y fuertes” (39). Es decir que el agua se encuentra en buenas condiciones por el agrupamiento de los carbonatos e hidróxidos, formando una reserva de pH.
- E. Neutralización: “Es el proceso de ajuste de pH del agua por medio de la adición de un ácido o una base, dependiendo del pH objetivo y de otros requerimientos de proceso. La mayor parte de los efluentes pueden ser neutralizados a un pH de 6 a 9 de forma previa a su vertido” (40).
- F. Coagulación: “se entiende el proceso de desestabilización de los coloides. Se eliminan las propiedades que les hacían mantenerse en suspensión. El mecanismo básico de desestabilización es anular las cargas eléctricas. Para ello se utilizan reactivos químicos que tienen la propiedad de producir la coagulación” (41).
- G. Floculación: “Es la neutralización de las cargas eléctricas de los coloides y emulsiones presentes en el agua residual, seguido de un reagrupamiento de las partículas, de tal forma que sea factible su separación posterior ya sea por decantación o bien por flotación. Es de indicar que en el proceso de coagulación

floculación, no tiene lugar separación alguna de contaminantes, sino una adecuación de determinadas partículas para que puedan ser separadas fácilmente a través de otros procesos instalados a continuación, como decantación o de flotación” (41).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Método general

La presente investigación tiene como método general el científico debido a que se siguen metodologías y pasos ya determinados para la obtención de muestras y resultados producto de la investigación, obteniendo datos que nos permitieron contrastar nuestras hipótesis, asimismo al seguir metodologías ya determinadas nos permite tener un mejor control de nuestros procesos y resultados lo que nos permite analizar e interpretar los datos obtenidos (42).

3.1.2. Método específico

El método específico aplicado en la investigación es hipotético deductivo, durante todo el procedimiento de la presente investigación se toma en cuenta los parámetros tomados de las muestras iniciales y se evalúa el efecto que el hidróxido de calcio en estas, experimentando con distintas dosis de este alcalinizante e identificando la dosis óptima. Este método nos lleva a predecir e identificar la variabilidad que se tiene en una realidad, siempre en cuando se genere un determinado cambio, por lo que primero se planteó una hipótesis la cual se contrastó con los resultados obtenidos en laboratorios y experimentos realizados con las variables (43).

3.1.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada debido a que a partir de conocimientos adquiridos ya existentes, lo cual nos ayuda a entender mejor el comportamiento de nuestras muestras, se plantean nuevas interrogantes en esta investigación; resolveremos si el hidróxido de calcio tiene un efecto positivo como alcalinizante de aguas ácidas desembocadas en el embalse Pasto Grande en la ciudad de Moquegua, a través de los análisis y ensayos que se realiza para resolver las nuevas interrogantes planteadas (44).

3.1.4. Nivel de investigación

El nivel de investigación perteneciente a este trabajo es aplicativo, debido a que se evalúa la eficiencia del hidróxido de calcio como alcalinizante, para lo cual se experimentó con las muestras de agua ácida tomadas, poniendo a prueba nuestras hipótesis, y demostramos la influencia de una variable sobre otra (44).

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación según Alberto Ramírez es experimental debido a que se establece la relación de la causa y el efecto de un fenómeno esto por medio de procedimientos controlados donde se manipula y controla las variables del estudio que tienen efecto sobre ese fenómeno o cambio en otras palabras, se tiene control de las variables del experimento en estudio, pudiendo adelantarnos al resultado manipulándolo y no solo observarlo (45), Asimismo según Alejandro Caballero al contrastar nuestras hipótesis con los resultados obtenidos puede identificarse nuestra investigación como experimental (46).

En la presente investigación se manipula dos variables experimentando el efecto que tiene una sobre otra; la evaluación del efecto del hidróxido de calcio (variable independiente) como alcalinizante de aguas ácidas (variable dependiente) experimentando con distintas dosis de hidróxido de calcio y comparando la eficiencia de cada dosis en la muestra inicial, identificando la dosificación óptima para poder estabilizar el pH de la muestra de agua acida desembocada del río Millojahuira en el embalse Pasto Grande. Este experimento fue sometido en condiciones iguales para cada ensayo (dosis) asegurándonos de que el experimento entre cada dosificación sea homogéneo para poder controlar el proceso y resultados que se obtengan.

Se tomó una muestra inicial la cual nos sirvió de control y se obtuvo valores de los parámetros fisicoquímico, específicamente del pH antes de que la muestra tenga la intervención de las distintas dosis de hidróxido de calcio. Esto nos permitió analizar el efecto que tiene cada dosis en la muestra de agua ácida tomada al inicio, asimismo identificar los cambios que surgen en los parámetros fisicoquímicos (pH).

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población en la presente investigación está representada por las aguas del río Millojahuira que desembocan en el embalse Pasto Grande.

3.3.2. Muestra

La muestra que se necesitó fue de 08 litros de agua ácida del río Millojahuira basándonos en protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales establecido según Resolución Jefatural 010-2016 ANA.

Tabla 1. Toma de muestra

Muestra	Pasos para la toma de muestra
8 litros de agua desembocada del río Millojahuira en el Embalse Pasto Grande	Reconocimiento del entorno de muestreo
	Ubicación del punto de muestreo
	Georreferenciación del punto de muestreo
	Medición de parámetros in situ
	Rotulado y etiquetado
	Toma de muestra
	Preservación de muestras
	Llenado de la cadena de custodia

Fuente: Elaboración propia

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas e instrumentos

A) Muestreo del río Millojahuira

Según el “Protocolo de monitoreo de aguas superficiales de la Autoridad Nacional del Agua (ANA)” se tomó la muestra de forma puntual tomando en cuenta el procedimiento indicado en el protocolo para la toma de muestras en ríos o quebradas cuyo caudal es bajo (Anexo D).

B) Medición de parámetros

Se realizó el análisis de los parámetros deseados a la muestra de agua ácida del río Millojahuira, esto se realizó con equipos debidamente calibrados como un multiparámetro.

C) Dosificación de hidróxido de calcio

Las dosis de hidróxido de calcio que se emplearon para estabilizar el pH de las muestras fueron de 0.3 g/L, 0.5 g/L y 0.7 g/L con tres repeticiones cada dosificación.

D) Procesamiento de datos

Para el análisis de los resultados obtenidos se registraron en tablas y figuras usando el Microsoft Excel, permitiéndonos observar la variación de pH de acuerdo con la dosificación de hidróxido de calcio empleada.

3.4.2. Materiales

Tabla 2. Materiales y equipos para el desarrollo de la investigación

	Nombre	Descripción	Cantidad
Equipos	Placa de agitación magnética	Equipo mezclador	1 Und
	Balanza digital	Pesaje de la Cal	1 Und
	pHmetro	Para medir el pH	1 Und
Materiales	Agua destilada	Limpieza de los Instrumentos	03 L
	Balde de 5 L	Recolección de la muestra	1 Und
	Vasos de laboratorio de vidrio de 250 ml	Recipiente para dosificar	12 Und
	Frascos de 1000 ml	Recepción de muestra	8 Und
	Muestra de agua	Objeto de estudio	08 L
Reactivo	Hidróxido de Calcio (Cal Apagada)	Cantidad necesaria para las dosificaciones y repeticiones	1 Und

Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Procedimientos

3.4.3.1. Etapa de pre-campo

A) Información del lugar

Se recolectó información respecto a las rutas de acceso al río Millojahuira para poder recolectar las muestras, identificándose 2 rutas:

Ruta A: Inicialmente con partida de la ciudad de Moquegua hasta llegar a la panamericana Moquegua – Puno, alcanzando un desvío hacia Pasto Grande, seguido de un recorrido de 18 km hasta llegar a la base 43 del control Pasto Grande, seguido de una ruta de aproximadamente 20 minutos hasta llegar al río Millojahuira.

Ruta B: Para la cual nuevamente nos ubicamos en la panamericana Moquegua – Puno, donde ubicaremos el desvío Pasto Grande la cual pasaremos unos 27 km, pasando así por el río Tocco, más adelante se encuentra el centro poblado de Pasto Grande, seguidamente se transita por los ríos Patara y Antajarane hasta llegar al río Millojahuira.

B) Información de ruta

Se solicitó el apoyo de un monitor voluntario de la organización Red agua joven pertenecientes al ANA para que pueda brindarnos más información respecto al río Millojahuira, del mismo modo facilitándonos el acceso por la ruta con el punto de control.

C) Laboratorio

Se solicitó el acceso y uso del laboratorio del Instituto Superior José Carlos Mariátegui, para poder realizar los ensayos del experimento de dosificaciones de Cal Apagada con las muestras recolectadas del río Millojahuira.

D) Equipos y materiales

Se consiguió los materiales y equipos necesarios para la recolección de muestras asimismo para su respectiva preservación hasta llegar al laboratorio

donde se realizaron los experimentos. Dentro de los cuales también están contemplados los equipos de protección personal.

3.4.3.2. Etapa de campo

A) Identificación del punto de muestreo

Se llegó con la unidad de transporte al punto más cercano al río Millojahuirá posterior a eso se procedió a bajar los materiales y equipos para ser trasladados al punto, con la ayuda de la herramienta digital GPS se eligió al azar e identificó (coordenadas) el punto donde se recolectó la muestra.

B) Toma de muestra

La toma de muestra se realizó de forma puntual según nos indica el protocolo de monitoreo de aguas superficiales de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), asimismo se siguió con el procedimiento de toma de muestras en ríos o quebradas con bajo caudal.

3.4.3.3. Etapa de experimentación

Al tratarse de un experimento cuantitativo se empleó el diseño DCA para las muestras y dosificaciones de hidróxido de calcio aplicadas a estas.

3.4.3.4. Etapa de laboratorio

- Se separó la muestra en cuatro vasos precipitados de 250 ml, la muestra restante se almacenó como duplicado de respaldo.
- Se midió y separó dosis de 0.3, 0.5 y 0.7 gramos de hidróxido de calcio (cal apagada) para administrar a las muestras.

La cal apagada utilizada en esta investigación fue de forma sólida (molido, impalpable), esta fue añadida directamente a la muestra sin alteración de la fórmula del producto el cual según el proveedor y su hoja de seguridad contiene 60.00 – 70.00% de óxido de calcio (Anexo E).

- El equipo de agitación se encendió a 100 rpm por 1 minuto, donde se agregó las dosis a los vasos precipitados que contenían la muestra, dejando un vaso de muestra como control.

- Terminada la mezcla rápida se redujo la velocidad por un tiempo de 15 minutos para asegurarnos de que el hidróxido de calcio se haya diluido por completo.
- Terminado todo el proceso de agitación se procedió a medir con ayuda del pHmetro el pH de las muestras con las dosificaciones de hidróxido de calcio

Todo el procedimiento se realizó en tres repeticiones.

Tabla 3. Muestras y dosificación aplicada

	Muestra	Dosificación
Control	D0	Muestra sin dosificación de Hidróxido de calcio
Experimentación (tres repeticiones con cada dosificación)	D1	Muestra con 0.7g de Hidróxido de calcio
	D2	Muestra con 0.5g de Hidróxido de calcio
	D3	Muestra con 0.3g de Hidróxido de calcio

Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Medición del pH de la muestra de control



Fuente: Propia

Figura 2. Pesado y medición de la primera dosificación D1



Fuente: Propia

Figura 3. Pesado y medición de la segunda dosificación D2



Fuente: Propia

Figura 4. Pesado y medición de la tercera dosificación D3.



Fuente: Propia

El pesado de hidróxido de calcio de las tres dosificaciones aplicadas y la medición del pH de las muestras fue realizado en tres repeticiones, del mismo modo se realizó con la muestra de control con la que se contrastó los cambios.

Figura 5. Contraste de las tres dosificaciones con la muestra de control



Fuente: Propia

Figura 6. Toma de datos de la última repetición.



Fuente: Propia

Figura 7. Dosificaciones realizadas



Fuente: Propia

3.4.3.5. Etapa de gabinete

Terminada la experimentación con las dosificaciones de hidróxido de calcio en las muestras de agua ácida del río Millojahuira, se identificó la dosificación más eficiente asimismo los resultados recopilados fueron plasmados en tablas y figuras con ayuda de la herramienta de Microsoft Excel para una mayor interpretación. Para la aplicación de la prueba estadística aplicada a los resultados obtenidos fue realizada a través del programa estadístico SPSS.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Parámetro pH de aguas desembocadas del río Millojahuiria en el Embalse Pasto Grande.

Los resultados obtenidos fueron tomadas para demostrar cómo se encontraba el pH del mismo afluente del río Millojahuiria, cada muestra se desarrolló según la guía de Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, R.J. N° 010-2016-ANA. Se hace mención que el pH metro utilizado cuenta con calibración vigente y certificada por INACAL.

Tabla 4. Resultados de Medición del pH del río Millojahuiria

Fecha	Hora	Resultados pH	
19/05/2022	09:50	repetición 01	2.56
	09:56	repetición 02	2.57
	10:03	repetición 03	2.56

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior, se observa que los resultados en la medición del parámetro pH, presenta en la segunda repetición un valor de 2,57 la que es mayor de las repeticiones 1 y 3 que cuentan con un valor de 2,56 de pH, corroborando que el afluente del río Millojahuiria tiene un nivel de pH ácido estas mediciones fueron tomadas in situ.

Asimismo, las muestras recolectadas fueron medidas nuevamente en el laboratorio donde se trabajó, se realizó tres repeticiones como se muestra en la tabla 4 las cuales nos sirvieron para nuestra prueba de control.

Tabla 5. Resultados de medición para prueba de control de pH

Parámetro	Repetición	Resultado de control	Unidad
pH	Rep1	2.56	Unidad de pH
	Rep2	2.55	
	Rep3	2.56	

Fuente: Elaboración propia

Los datos que observamos en la tabla anterior son nuestras muestras de control debido a que no contiene ninguna dosificación de hidróxido de calcio por cada repetición hecha, teniendo como resultado en la segunda repetición un valor de 2,55 la que es menor de las repeticiones 1 y 3 que cuentan con un valor de 2,56 de pH.

4.1.2. Tipo de cal más eficiente para la estabilización del pH en aguas superficiales

Tabla 6. Tipos de cal como alcalinizante

Observaciones	Tipo de Cal		
	Hidróxido de calcio Ca(OH) ₂	Óxido de calcio CaO	Carbonato de calcio (CaCO ₃)
Disponibilidad en Perú	Disponible	Disponible	Disponible
Permisos especiales	No requiere	Si requiere	No requiere
Presentación	En sacos de 25kg y 50kg	En sacos de 50kg y 100kg	En sacos de 25kg y 50kg
Nombre común	Cal apagada, cal hidratada	Cal industrial, cal viva	Cal agrícola

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 5 observamos distintos puntos donde se detallan las características más importantes de los alcalinizantes a base de cal. Respecto a la disponibilidad en Perú, en los tres casos existen empresas proveedoras de dichos productos.

Respecto al punto de permisos especiales, es importante tener en cuenta que el óxido de calcio (CaO) requiere permisos especiales debido a que solo puede ser adquirida por empresas que tengan permiso para su comercialización y/o uso, a diferencia del hidróxido de calcio (Ca(OH)₂) y el carbonato de calcio (CaCO₃) donde no todas las empresas comercializadoras piden permisos especiales, esto debido a que su uso se amplía en el área de la agricultura y ganadería como un desinfectante para establos. En el caso del hidróxido de calcio (Ca(OH)₂) para la adquisición en cantidad, refiriéndonos especialmente a 1 tonelada a más se requiere permisos de circulación, según las empresas proveedoras.

Otro punto importante es la presentación del producto donde podemos encontrar los alcalinizantes de carbonato de calcio (CaCO_3) y óxido de calcio (CaO) en presentación granular y en polvo, mientras que el hidróxido de calcio lo encontramos en polvo, no se halló presentaciones en solución de estos alcalinizantes; las cantidades en que vienen los productos varían entre 25 kg y 100 kg, con excepción del óxido de calcio (CaO) que lo encontramos desde 50 kg.

Según la revisión bibliográfica hecha, se identificaron tres tipos de alcalinizantes a base de cal siendo estos el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), el óxido de calcio CaO y el carbonato de calcio (CaCO_3) los cuales son los más empleados para el proceso de estabilización de pH en aguas superficiales, ya sean estas en una planta de tratamiento o en aguas residuales. Donde se observó y optó por el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) como el alcalinizante más eficiente, debido a su efecto de incremento en el pH siendo esto apropiado para ajustar el pH en aguas de muy baja alcalinidad, así como su fácil adquisición, precio económico y el fácil control del producto.

4.1.3. Dosificación óptima para la estabilización del pH de aguas desembocadas del río Millojahuira en el Embalse Pasto Grande.

Los resultados finales de pH obtenidos por dosificación de hidróxido de calcio aplicada para la alcalinización de las muestras (Tabla 8) en las tres repeticiones fueron medidos con un pH metro que cuenta con calibración vigente y certificada por una empresa autorizada por la INACAL. Los resultados que se observan muestran una variación muy pequeña en las repeticiones de cada dosis, sin embargo, los resultados por dosificación de hidróxido de calcio aplicada nos muestran una diferencia considerable en el aumento del valor de pH en las muestras en comparación con nuestra muestra de control.

Se obtuvo un promedio de las tres repeticiones realizadas en la medición de pH tanto en la muestra de control y en las muestras con cada dosificación de hidróxido de calcio aplicada estos promedios obtenidos de pH fueron comparados con el Estándar de Calidad Ambiental de Agua – ECA en la categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales.

Tabla 7. Resultados de pH final

Parámetro	Dosis	Rep1	Rep2	Rep3	Promedio	ECA Cat.03
pH	D0 (control)	2.56	2.55	2.56	2.56	6.5 - 8.5
	D1 (0.7g/L)	9.15	9.16	9.15	9.15	
	D2 (0.5g/L)	7.03	7.03	7.02	7.03	
	D3 (0.3g/L)	4.17	4.16	4.17	4.17	

Fuente: Elaboración propio

De acuerdo a la tabla anterior se puede observar que la muestra inicial o de control no está dentro del rango establecido por el ECA con el que se está comparando estando esta muestra inicial con un pH de 2,56 el cual está muy por debajo del valor recomendado, en la muestra con la primera dosificación (D1) se observa que sobrepasa el rango establecido por un 0,65 de pH, en la muestra con la segunda dosificación (D2) se observa que el resultado obtenido está dentro del rango 6,5 – 8,5 establecido por la normatividad el cual está más próximo a un valor neutro con un 7,03 de pH de promedio, la muestra con la tercera dosificación (D3) aplicada nos da un promedio de 4,17 de pH el cual está por debajo del rango del ECA.

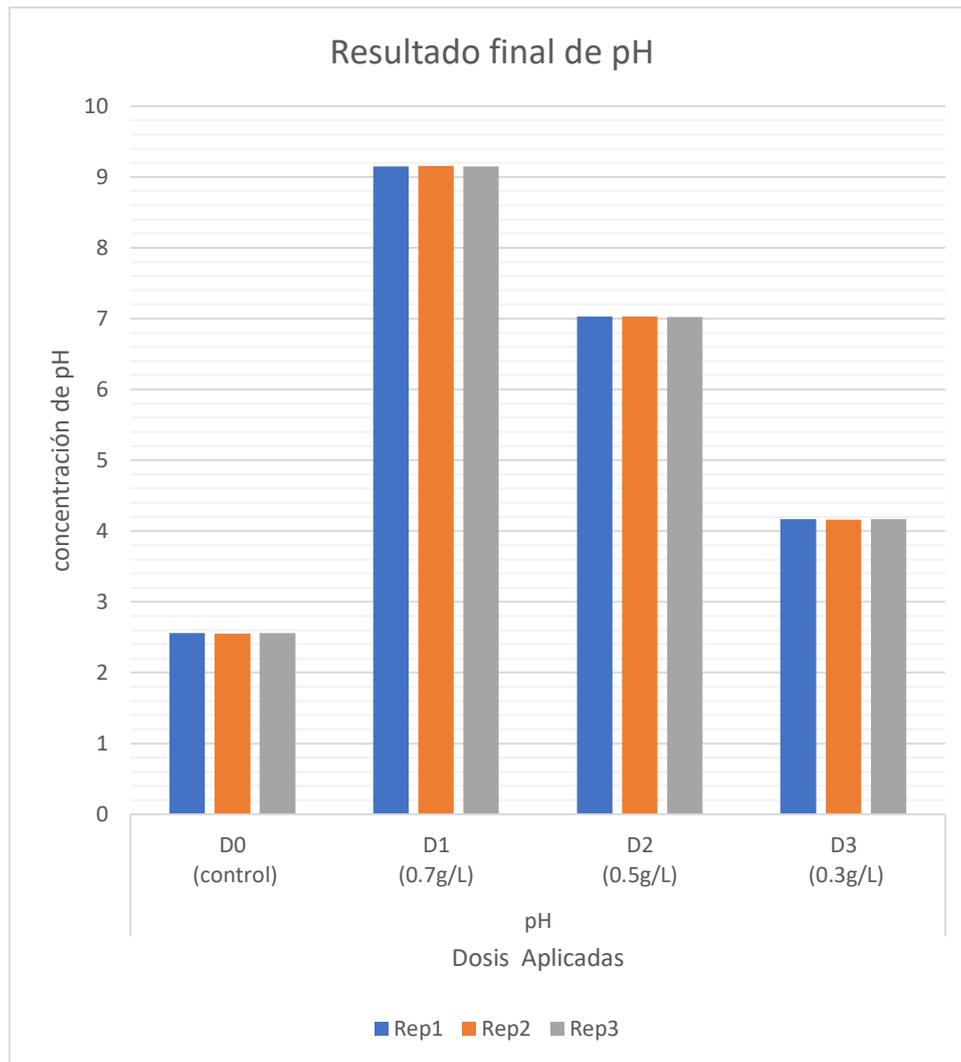


Ilustración 1. Resultados finales de pH

A partir de lo anterior se puede evidenciar que las tres dosis de hidróxido de calcio Ca(OH)_2 presentan una elevación del nivel de pH, sin embargo la aplicación de la segunda dosificación (D2), muestra que la dosificación más eficiente es de 0.5 g/L de hidróxido de calcio (Ca(OH)_2), elevando un pH alcalino de 2.56 a un pH neutro de 7.02 a 7.03, siendo esta la dosificación más óptima para la estabilización de pH de las aguas desembocadas del río Millojahuira en el embalse Pasto Grande, dejándonos con un pH dentro del rango establecido por normatividad específicamente hablando de la categoría 3 de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

4.2. Prueba de hipótesis

Con la ayuda del Programa SPSS versión actualizada 2022, a través del método de Análisis de la Varianza (ANOVA), se realizó el análisis estadístico.

4.2.1. Prueba de normalidad

Para la verificación y constatación de la hipótesis se realizó como primer paso la prueba de normalidad para determinar qué tipo de distribución presentan los datos, partiendo de las siguientes hipótesis.

Ho: La distribución de los datos de pH en la aplicación de hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) como alcalinizante para la neutralización de pH de las aguas desembocadas del río Millojahuirá sigue una distribución paramétrica

Ha: La distribución de los datos de pH en la aplicación de hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) como alcalinizante para la neutralización de pH de las aguas desembocadas del río Millojahuirá no sigue una distribución paramétrica.

Tabla 8. Prueba de normalidad para resultados de pH

Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
Repetición 1	0.993	4	0.972
Repetición 2	0.993	4	0.972
Repetición 3	0.993	4	0.972

Fuente: Elaboración propia, con el programa SPSS

En la tabla 7 observamos que nuestro P- Valor es mayor al alfa (0.05) por lo que se evaluó según las siguientes condiciones:

P-valor $\leq 0,05$	Se rechaza Ho
	Se acepta Ha

P-valor $>0,05$	Se acepta Ho
	Se rechaza Ha

Se vio que el nivel de significancia para el parámetro de pH la cual se obtuvo a través de la prueba de Shapiro Wilk, es mayor al p-valor 0,05 por lo tanto se acepta la hipótesis nula (Ho) y se rechaza hipótesis alterna (Ha), por lo que decimos que los datos de la presente investigación cuentan con una distribución paramétrica.

Al tener una distribución normal de los datos procedemos a someter nuestros resultados a una prueba paramétrica, como vemos en la tabla 8 los resultados obtenidos con la prueba paramétrica de ANOVA para el parámetro de concentración de pH, observamos la existencia de un efecto significativo en la aplicación del hidróxido de calcio (cal apagada) en la concentración de pH actuando este como alcalinizante para la estabilización del pH de las aguas desembocadas del río Millojahuira en el embalse Pasto grande.

A través de la prueba paramétrica de ANOVA se pudo determinar si las medias de las dosificaciones son iguales o al menos una es diferente a las demás, de tal modo demostrar la influencia significativa del hidróxido de calcio (cal apagada) en la concentración de pH, como se observa:

$$H_0: \mu_{TC} = \mu_{T1} = \mu_{T2} = \mu_{T3} = \mu_{T4}$$

H_a : Al menos una de las medias es diferente de las demás

P-valor $\leq 0,05$	Se rechaza H_0	P-valor $>0,05$	Se acepta H_0
	Se acepta H_a		Se rechaza H_a

Tabla 9. Resultados de ANOVA para la concentración de pH

ANOVA					
Concentración de pH					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	77.744	3	25.915	777436.25	0.000
Dentro de grupos	0	8	0		
Total	77.744	11			

Fuente: Elaboración propia

Entonces siendo el valor de significancia (p-valor) igual a 0.000 el cual es menor a nuestro alfa (0.05), rechazamos la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna afirmando que por lo menos una de las medias de los tratamientos es diferente a las demás, evidenciando así que la aplicación de hidróxido de calcio (cal apagada) como alcalinizante influye en la concentración de pH en las aguas desembocadas del río Millojahuiria en el embalse Pasto grande.

Se realizó la prueba de Tukey para evidenciar la diferencia entre las medias de las distintas dosificaciones aplicadas viendo su efecto en el valor de concentración de pH de las muestras en comparación con la muestra de control.

Tabla 10. Resultados de TUKEY para la concentración de pH

TUKEY					
Concentración de pH					
DOSIFICACIÓN DE $\text{Ca}(\text{OH})_2$	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
D0	3	2.5567			
D3	3		4.1667		
D2	3			7.0267	
D1	3				9.1533
Sig.		1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia, con el programa SPSS

En la prueba de Tukey realizada (Tabla 9), se observa que tanto en los grupos 2, 3 y 4 de las dosificaciones D3, D2 y D1 respectivamente presentan una diferencia significativa, habiendo realizando la prueba con un nivel de confianza del 95%.

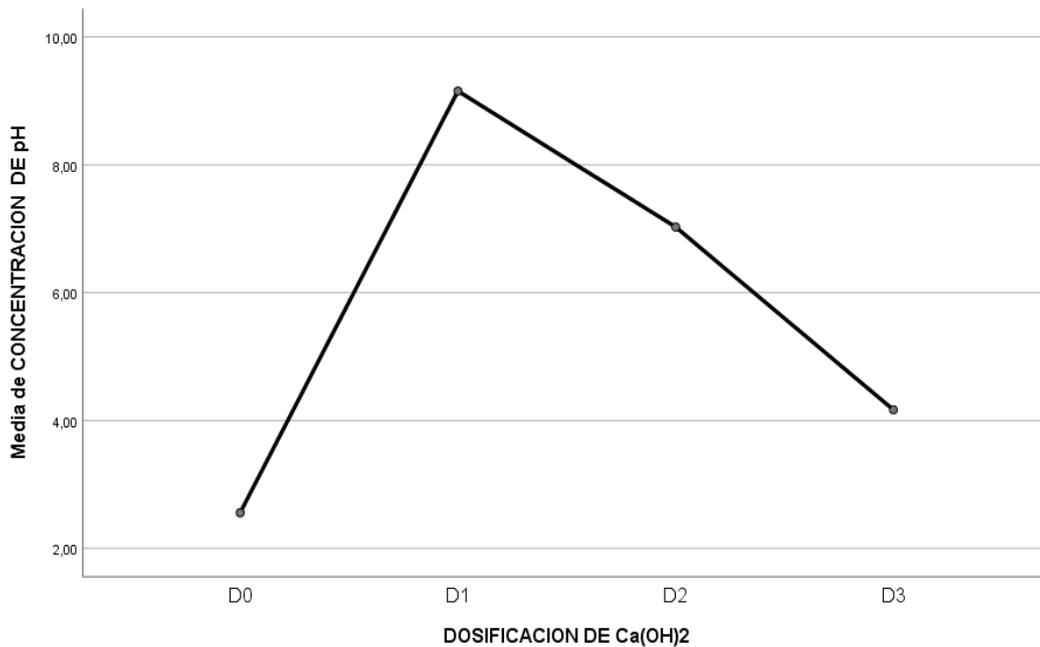


Ilustración 2. Medias de la concentración de pH

En la comparación de medias de las dosificaciones aplicadas (Ilustración 2) se observa el incremento de la concentración de pH en cada dosificación en comparación con la muestra de control, se observa que la tercera dosificación (D3) no llega a subir tanto como la primera dosificación (D1) en estas dos dosificaciones la concentración de pH no llega a estar dentro del rango deseado el cual es el que dicta la normatividad ambiental, sin embargo en la segunda dosificación (D2) la concentración de pH obtenido está dentro del rango de 6.5 y 8.5 de pH.

4.2.2. Constatación de hipótesis

Ho: El hidróxido de calcio (cal apagada) no influye de manera significativa en la estabilización del pH de las aguas desembocas del río Millojahuira en el embalse Pasto Grande.

Ha: El hidróxido de calcio (cal apagada) influye de manera significativa en la estabilización del pH de las aguas desembocas del río Millojahuira en el embalse Pasto Grande.

La aceptación o rechazo de la hipótesis nula se determina a través de los resultados obtenidos tras la aplicación de las pruebas estadísticas vistas en las tablas y gráficos anteriores los que demuestran un incremento notable en la concentración de pH tras la

aplicación de distintas dosificaciones de hidróxido de calcio (cal apagada) llegando a subir el pH hasta llegar al rango deseado el cual está dentro de lo que dicta la normatividad ambiental, por tal motivo concluimos que después de la experimentación y la validación de los resultados con las pruebas estadísticas elegidas se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis Alternativa (H_a) siendo esta; “El hidróxido de calcio (cal apagada) influye de manera significativa en la estabilización del pH de las aguas desembocadas del río Millojahuirá en el embalse Pasto Grande”.

4.3. Discusión de resultados

El hidróxido de calcio (cal apagada) como alcalinizante tiene una influencia en la variación de pH teniendo un efecto positivo en la estabilización del pH de aguas ácidas, coincidiendo con el trabajo de investigación realizado por Solano el cual titula: “Efecto del hidróxido de calcio sobre la calidad de agua y la producción de estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei* en aguas salobres” (11) donde determina si el hidróxido de calcio presenta un efecto positivo sobre los parámetros físicoquímicos y microbiológicos de aguas saladas de los abrevaderos con cultivos de camarones (*Litopenaeus vannamei*), teniendo como resultado que el parámetro físicoquímico (pH) influye mucho en la eficacia del tratamiento de cultivo de camarones en aguas salobres, observando un aumento en el valor del pH de las aguas con los tratamientos aplicados. Del mismo modo podemos observar que en el trabajo de investigación “Evaluación de alcalinizantes en el proceso de ajuste del pH para el agua tratada del río Cauca” de Cruz y Natalia (10), donde evaluaron la eficacia de alcalinizantes para la estabilización de pH del agua tratada del río Cauca, en la parte experimental del trabajo se realizó el seguimiento a las muestras con los distintos alcalinizantes por el tiempo de un mes, evaluando así el comportamiento del pH con cada alcalinizante aplicado, en los resultados obtenidos se observa que dentro de los alcalinizantes más efectivos y utilizados para el ajuste del pH se encuentra a la cal hidratada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) también conocida como hidróxido de calcio.

En el trabajo de investigación de Ayala titulado “Influencia de la dosificación de cal en el tratamiento de las aguas ácidas de la Quebrada Mesa de Plata Hualgayoc-2018” (20), se concluyó que la dosificación de cal influye mucho en las aguas ácidas y en su proceso y mejora de las condiciones que se adapten mejor a la normatividad ambiental, en esta investigación se usó tratamientos con dosificaciones de 0.5, 0.75 y 1 g de Cal teniendo un pH inicial de 3.55 y siendo su dosificación óptima la de 0.75

g/L, el pH inicial de esta investigación es distinto a nuestro valor inicial de pH obtenido de las aguas desembocadas del río Millojahuira al embalse pasto grande el cual es de 2.56 de igual modo ocurre con la dosificación óptima de nuestros resultados, esto se puede deber al pH inicial el cual es más elevado que el nuestro; aun así se puede evidenciar nuevamente que el hidróxido de calcio tiene un efecto alcalinizante en aguas ácidas, siendo este una alternativa para la estabilización del pH.

De igual modo observamos en el trabajo realizado por Mamani titulado: “Caracterización y tratamiento de efluentes de aguas ácidas en la Mina la Rinconada - Puno” (21), en su procedimiento experimental se usó dosificaciones de lechada de cal con concentración de 4% es decir 0,4 g/L de Cal del mismo modo se realizaron ensayos de aplicación de 0.1 g, 0.15 g y 0.2 g de cal varía bastante debido a la variación de caudal de donde se obtuvo las muestras a tratar el pH de las muestras oscilaron entre 2.80 a 3.38 este valor se vio afectado por las dosificaciones de cada tratamiento asimismo, sus otros parámetros que eran evaluados tales como metales pesados los cuales también variaban de acuerdo a la dosificación y se observó que tenía relación con el pH viendo que a un pH más elevado la remoción de estos metales era mayor, el investigador en este trabajo optó por la dosificación que llevará el pH a un valor dentro del rango que dicta la normatividad y a la vez conseguir la mayor remoción de metales pesados de las muestras obtenidas de los efluentes de aguas ácidas en la Mina la Rinconada. Las muestras obtenidas de las aguas desembocadas del río Millojahuira en el embalse Pasto Grande también arrojaron un pH ácido el cual se pudo estabilizar con la aplicación directa de hidróxido de calcio en las muestras, coincidiendo así en la eficacia de esta cal como alcalinizante de aguas ácidas, agregando también que es efectivo en la remoción de metales pesados. Del mismo modo observamos en el trabajo de investigación “Estudio para el tratamiento de las aguas ácidas por neutralización – precipitación en interior de la Mina Santa Fe, Bolivia” (12), cuyo propósito fue tratar las aguas ácidas mediante el proceso de neutralización, las muestras tomadas arrojaron un pH ácido de 3.22 a 3.23, en este trabajo se experimentó con dosificaciones de cal desde 0.1 g hasta 0.8 g con dos repeticiones, donde también se pudo evidenciar el efecto de la cal en el parámetro de pH, elevando su valor hasta neutralizarlo de acuerdo a las distintas dosificaciones se pudo determinar el tratamiento con la dosificación más óptima la cual varía de 0.4 a 0.6 gramos. El valor de dosificación óptima obtenido para la estabilización de pH de

las aguas desembocadas del río Millojahuira en el embalse Pasto Grande se encuentra dentro del rango de dosificaciones óptimas de trabajo visto anteriormente.

En el trabajo también se evidencia que dependiendo del tiempo que se espere se verán los resultados deseados, el tiempo de espera ideal según el estudio realizado a las aguas ácidas del interior de la Mina Santa Fe, Bolivia es de un cuarto de hora, a diferencia de nuestro trabajo de investigación donde para las muestras tomadas de las aguas ácidas desembocadas del río Millojahuira en el embalse Pasto Grande fue de 20 a 25 minutos, esta diferencia puede deberse al contenido de otros contaminantes en las muestras como sólidos totales y metales pesados.

Vemos también en el trabajo de investigación de Sevillano titulado: “Eficiencia del hidróxido de calcio en el tratamiento de las aguas ácidas de una relavera en Pasco, a nivel laboratorio” (19), donde el autor también hace uso del hidróxido de calcio como alcalinizante para el tratamiento de aguas ácidas de una relavera evaluando su eficiencia de acuerdo a cada dosificación aplicada en este trabajo también se realizaron tres repeticiones y se evaluaron otros parámetros como sulfatos, conductividad, plomo turbidez y otros. El pH inicial tomado arrojó un promedio de 2.88 al cual se le aplicaron tres distintas dosificaciones de 6, 8 y 10 g/L en este trabajo también hacen uso del hidróxido de calcio sin embargo los resultados obtenidos son muy distantes a los obtenidos en las aguas desembocadas del río Millojahuira en el embalse Pasto Grande de igual modo en los demás antecedentes, esto puede deberse a muchos factores dentro de los cuales el más resaltante es la composición del producto o sustancia a usar y su pureza. Es por tal motivo que su dosificación óptima es de 10 g/L elevando su pH hasta un 7.5 llevándolo a estar dentro del rango de pH recomendado por la normatividad. El hidróxido de calcio usado en las dosificaciones aplicadas a las muestras de agua ácida del río Millojahuira tiene un porcentaje de pureza del 90 – 95%, en el trabajo de Sevillano se puede deducir por sus resultados y dosificaciones aplicadas que el porcentaje de pureza es menor.

CONCLUSIONES

- 1) Se concluye que el efecto del hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), comúnmente conocida como cal apagada, influye de manera positiva en la estabilización del pH de aguas desembocadas del río Millojahaira en el embalse Pasto Grande, a través de esta investigación se observó que la concentración inicial se presentaba valores de 2,56 de pH siendo agua ácida, la cual tras la aplicación de las distintas dosificaciones de hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) se observó un incremento en el pH evidenciando su eficiencia como alcalinizante.
- 2) Se concluye que el pH de las aguas desembocadas del río Millojahaira, en el embalse Pasto Grande, son ácidas, debido a la formación geológica de su nacimiento y recorrido, con un nivel muy bajo de 2,56 de pH. Esto ocasionando daños en las plantas, ya que evitan que estas absorban los nutrientes del suelo, lo cual se pudo evidenciar en la zona de muestreo.
- 3) Se puede concluir que el hidróxido de Calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) o también llamado comúnmente cal apagada es el tipo de cal más eficiente, según las referencias bibliográficas por tener múltiples aplicaciones en la agricultura, ganadería, en plantas de tratamientos de agua potable y residuales; donde es utilizado para estabilizar el pH, como también en la remoción y disminución de metales pesados.
- 4) Según los ensayos realizados se concluye que todas las dosificaciones tuvieron un incremento del nivel del pH; sin embargo, la segunda dosificación (D2) la cual contenía 0.5 g/L de hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), es la más óptima para la estabilización de pH elevándolo hasta un pH de 7.03 el cual se encuentra dentro del rango establecido por los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda a futuras investigaciones continuar con la experimentación de dosificaciones de hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) por su alto impacto en la variación de pH y en otros parámetros como metales pesados entre los más resaltantes
- 2) Se recomienda usar otras metodologías para visualizar y contrastar los resultados de estabilización de pH post aplicación del hidróxido de calcio (Ca(OH)_2), tomando en cuenta el factor tiempo post aplicación.
- 3) Se recomienda experimentar con distintos tipos de cal para y ver la diferencia en las dosificaciones por cada alcalinizante para el tratamiento de aguas ácidas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **WATER SCIENCE SCHOOL.** El ciclo del Agua. [En línea] USGS, 12 de Octubre de 2019. [Citado el: 4 de Marzo de 2022.] <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/el-ciclo-del-agua-water-cycle-spanish#overview>.
2. **CUADRA, Jesus.** Importancia del agua para el planeta y el ser humano. [En línea] Ecología Verde, 12 de Abril de 2018. [Citado el: 4 de Marzo de 2022.] <https://www.ecologiaverde.com/importancia-del-agua-para-el-planeta-y-el-ser-humano-179.html>.
3. **TRUQUE, Paola Andrea.** Armonización de los Estandares de agua potable en las Americas. [En línea] Organización de los Estados Americanos, Departamento de Desarrollo Sostenible, 2003. [Citado el: 4 de Marzo de 2022.] <https://www.oas.org/dsd/publications/classifications/Armoniz.EstandaresAguaPotable.pdf>.
4. **SINIA.** Sistema Nacional de Información Ambiental. *Decreto Supremo N 004-2017-MINAM.* [En línea] 2017. [Citado el: 4 de Marzo de 2022.] <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>.
5. **LONG NG CUTIPA, Wai, LAUREANO PEÑA, Fluquer y ACOSTA PEREIRA, Harmunt.** *Hidrología de la Cuenca del Río Moquegua, región Moquegua.* Moquegua : Publicación de Ingemmet, 2019. 9788578110796.
6. **PERPG - MOQUEGUA.** Proyecto Especial Pasto Grande. *Historia.* [En línea] <https://www.pastogrande.gob.pe/historia/>.
7. **AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. ANA.** *Resultados del monitoreo de la calidad del agua en el ámbito del sistema hidráulico Pasto Grande-Moquegua.* [En línea] 2015. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2458>.
8. **CRUZ, Yurani y LOPEZ, Mayda.** *Evaluación de alcalinizantes en el proceso de ajuste del pH para el agua tratada del río Cauca.* Santiago de Cali, Colombia. : s.n., 2015.
9. **INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA.** Perú: Estimaciones y Proyecciones de la población por Departamentos, 1995-2030. *Boletín de Análisis Demográfico N39.* [En línea] INEI, Octubre de 2019. [Citado el: 6 de Marzo de 2022.] https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1702/libro.pdf.
10. **CRUZ ROJAS, Yurina y NATALIA LOPEZ, Mayda.** *Evaluación de Alcalinizantes en el proceso de Ajuste del pH para el Agua Tratada del Río Cauca.* Santiago de Cali, Colombia : 118, 2015.
11. **SOLANO MOTOCHÉ, Galo Wilfrido.** *Efecto del hidróxido de calcio sobre la calidad de agua y la producción de estauques de cultivo de Litopenaeus vannamei en aguas salobres.* Quayaquil, Ecuador : 84, 2003.
12. **CALVO TORRALBA, Daniel, CASADO GARRGA, Jordi y ZAMORA ECHENIQUE, Gerardo.** *Estudio para el Tratamiento de las Aguas Ácidas por Neutralización – Precipitación en Interior de la Mina Santa Fe, Bolivia.* Santa Fe, Bolivia : pp. 297-310, 2013.

13. **BUENO ZABALA, Karen, TORRES LOZADA, Patricia y DELGADO CABRERA, Luis.** *Monitoreo y Medición del Ajuste del pH del Agua Tratada del Río Cauca mediante Índices de Estabilización.* Cali, Colombia : s.n., 2014. 17(2): 563-575.
14. **QUINTERO YEPES, Laura Vanessa y RODRIGUEZ VALENCIA, Nelson.** *Evaluación de Tres Tipos de Cal para el Tratamiento Primario de las Aguas Residuales del Café.* Colombia : Revista Cenicafé, 71(2), 105-117, 2020.
15. **AMAYA , Wilson Fabian, CAÑÓN, Oscar Alberto y AVILES, Oscar.** *Control de pH para Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.* Colombia : 86-95, 2004.
16. **PERAZA BARRIOS, Alejandro.** *Suavización del Agua a través de la Precipitación de Carbonato de Calcio obtenida por las Reacciones de Reducción Electroquímica de Protones y de Oxígeno.* Mexico : s.n., 2009.
17. **MENDOZA MIRANDA, Agustin y REYES MELARA, Edgar.** *Evaluación de diferentes tipos de cal y digestor enzimático de rastros en la disminución de Coliformes Fecales en lodos provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San Luis Talpa, La Paz, El Salvador.* La Paz, El Salvador : s.n., 2017.
18. **NOREÑA CALVO, Felipe.** *Modelo para la Dosificación De Cal en la Planta Wiesner.* Santa Fé, Bogota : s.n., 2002.
19. **SEVILLANO GALINDOS, Rosly .** *Eficiencia del hidróxido de calcio en el tratamiento de las aguas ácidas de una relavera en Pasco, a nivel laboratorio.* Lima, Perú : s.n., 2017.
20. **AYALA CERCADO, Roberto.** *Influencia de la Dosificación de Cal en el Tratamiento de las Aguas Ácidas de la Quebrada Mesa de Plata Hualgayoc-2018.* Cajamarca, Perú : s.n., 2018.
21. **MAMANI CHIPANA, Wilfredo.** *Caracterización y Tratamiento de Efluentes de Aguas Ácidas en la Mina la Rinconada - Puno.* Puno, Perú : s.n., 2018.
22. **MEDINA QUISPE, Ricardo.** *Diseño y Operatividad de la Planta de Neutralización de Aguas Ácidas de Mina Paragsha Cerro de Pasco en Minera Volcán S.A.A.* Arequipa, Perú : s.n., 2018.
23. **BARRETO BALTAZAR, Humberto.** *Efecto de la Dosificación de Cal en la remoción de Hierro y Cobre del efluente de la empresa Minera San Simón la Libertad.* Trujillo, Perú : s.n., 2016.
24. **LUNA CORIMANYA, Katherine.** *Determinación del Índice de Calidad de agua del Río Asana de la Cuenca Asana – Osmore - Ilo.* Arequipa, Perú : s.n., 2019.
25. **IGLESIAS PORTAL, Gino.** *Influencia de la Calidad del Agua Superficial del Río Huacaná sobre el Río Coscore y el Río Tumilaca Moquegua – Perú.* Lima : Universidad nacional Agraria La Molina, 2020.
26. **ADUVIRE, Osvaldo.** *Drenaje Acido de Mina Generación y Tratamiento .* Madrid, España : s.n., 2006.
27. **MINEM.** Guia Ambiental para el Manejo de Drenaje Acido de Minas. [En línea] [Citado el: 14 de Marzo de 2022.] <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/manedrenaje.pdf>.
28. **IGLESIAS, Jose.** Folleto Informativo pH. [En línea] 2014. [Citado el: 14 de Febrero de 2022.] https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf.

29. **GARCIA DE LA FUENTE, Cristina.** *Parametros Fisicoquimicos del Agua.* 2013.
30. **SUR QUIMICA.** Informacion Técnica Sur Hidroxido de Calcio 557-53508-000. [En línea] 2017. [Citado el: 20 de Febrero de 2022.] http://www.gruposur.com/download/hojas_tecnicas/ht-557-53508-000.pdf.
31. **ORELLANA, Jorge.** Tratameinto de las Aguas. *Ingenieria Sanitaria UTN.* [En línea] 2005. [Citado el: 16 de Marzo de 2022.] https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf.
32. **EPAL.** Qualidade da para Consumo Humano. *EPAL GRUPO AGUAS DE PORTUGAL.* [En línea] 2013. [Citado el: 19 de Marzo de 2022.] <https://www.epal.pt/EPAL/docs/default-source/epal/relatorio-qualidade/2013.pdf?sfvrsn=6>.
33. **MINAM.** Ley General del Ambiente, N 28611. [En línea] <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>.
34. **MIMAN.** Ley de Recursos Hídricos N 29338. [En línea] <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-29338.pdf>.
35. **MINAM.** Estandares de Calidad Ambiental para Agua. [En línea] 30 de Diciembre de 2015. [Citado el: 21 de Marzo de 2022.] <https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/lima-30-de-diciembre-de-2015-mediante-decreto-supremo-no-015-2015-minam-publicado-el-19-de-diciembre-de-2015-en-el-diario-oficial-el-peruano-el-ministerio-del-ambiente-minam-en-coordinacion/#:~:text=El%20Est%C3%A1n>.
36. **GUIA IPCC.** Fabricación de Cal (Emisiones de Proceso). [En línea] [Citado el: 14 de Marzo de 2022.] https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/040614-descarbonatac-fabric-cal_tcm30-429852.pdf.
37. **EMAYA.** Instruccion Tecnica. *Dosifiación de Cal. A-09.* [En línea] [Citado el: 14 de Marzo de 2022.] <https://www.emaya.es/media/6832/po-009-dosificaci%C3%B3n-de-cal-v7-simplificada-para-plaza.pdf>.
38. **CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS (CEH).** La Situación Actual y los Problemas Existentes y Previsibles. *La Calidad de las Aguas.* [En línea] [Citado el: 14 de Marzo de 2022.] https://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan%20de%20Recuperaci%C3%B3n%20del%20J%C3%BAcar/Cap.3_part2._Libro_blanco_del_agua.pdf.
39. **TORRES PONCE DE LEÓN, Rosa Maria, AGUILERA RÍOS, Maria Silvia y MOLINA LEÓN, Idolina.** *Manual de Practicas del Laboratorio de Quimica Analitica.* Michoacan, Mexico : s.n., 2011.
40. **Ficha Técnicas de Etapas de Proceso de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Neutralizacion de pH (FT-PRET-004).** [En línea] Setiembre de 2014. [Citado el: 21 de Marzo de 2022.] <https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Neutralizaci%C3%B3n.pdf/e7996c1d-1265-54c0-07d8-c0a79ce2cd91#:~:text=La%20neutralizaci%C3%B3n%20es%20el%20proceso,forma%20previa%20a%20su%20vertido..>

- 41. Coagulación- Floculación (FT-PRI-001).** [En línea] Julio de 2014. [Citado el: 21 de Marzo de 2022.] <https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Coagulaci%C3%B3n-floculaci%C3%B3n.pdf/b59be3a9-558c-62c3-66e1-d89f82e3aae7#:~:text=El%20objetivo%20de%20los%20procesos,decantaci%C3%B3n%20o%20bien%20por%20flotaci%C3%B3n..>
- 42. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar.** *Metodología de la investigación.* México : D.F.: McGraw-Hill Education, 2014. 978-1-4562-2396-0.
- 43. RODRÍGUEZ JIMÉNEZ, Andrés y PÉREZ JACINTO, Alipio Omar.** *Metodos científicos de indagación y de construcción de conocimientos.* [En línea] Revista Escuela de Administración de Negocios, 2017. [Citado el: 27 de Marzo de 2022.] <https://www.redalyc.org/pdf/206/20652069006.pdf>.
- 44. CEGARRA SANCHEZ, Jose.** *Metodología de la Investigación Científica y Tecnológica.* Madrid, España : Diaz de Santos, 2004. 8479786248.
- 45. RAMIREZ GONZALES, Alberto.** *Metodología de la Investigación Científica.* [En línea] Pontificia Universidad Javieriana, 2004. [Citado el: 12 de Marzo de 2022.] <https://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/1.pdf>.
- 46. CABALLERO ROMERO, Alejandro.** *Metodología Integral Innovadora para Planes y Tesis.* México : Cengage Learning, 2013. 9786075191829.

ANEXOS

A. PROCESO DE RECOLECCION DE MUESTRA DE AGUA DESEMBOCADAS DEL EL RÍO MILLOJAHUIRA AL EMBALSE PASTO GRANDE



Figura N°01: Desembocadura del Río Millojahuira al embalse Pasto Grande



Figura N°02: Ubicación Punto M-01



Figura N°03: Punto único de Muestreo – Río Millojahuira



Figura N°04: Medición del pH in situ Río Millojahuira



Figura N°05: Toma y recolección de muestras

B. PROCESO DE ENSAYOS A NIVEL DE LABORATORIO



Figura N°06: Preparación del Material para las muestras



Figura N°07: Sustancias utilizadas



Figura N°08: Equipo utilizado para la medición de pH



Figura N°09: Muestras de agua recolectadas

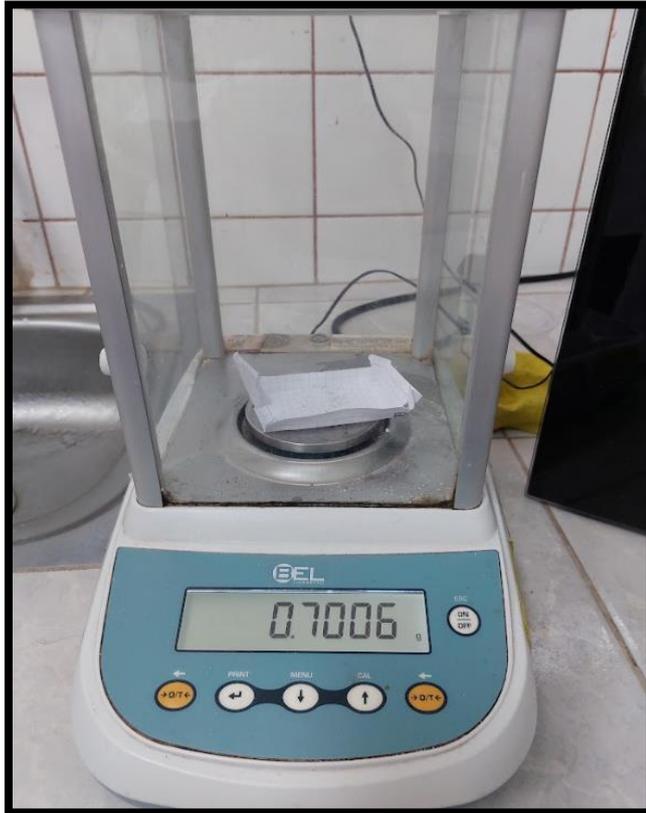


Figura N°10: Preparación de Dosis de Hidróxido de Cal



Figura N°11: Medición del pH en muestras con Hidróxido de calcio



Figura N°12: Primera repetición de dosificaciones aplicadas



Figura N°13: Dosificaciones con sus tres repeticiones



Figura N°14: Evaluación de Muestras Analizadas Dcontrol, D1,D2 y D3.

C. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL pH METRO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

EXPEDIENTE : EXP - 2113BT1 - 2022

SOLICITANTE : DANIELA LY FLORES ENAO

N° DE CERTIFICADO

MT - 2067 - 2022

Dirección : Asoc. Pedro Paulet C-2 Moquegua - Mariscal Nieto -
Moquegua

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : MEDIDOR DE PH

Marca : HANNA INSTRUMENTS
Modelo : HI 98130
N° Serie del equipo : 01300574991
N° Serie del sensor : No indica
Código de identificación : No indica
Alcance de escala : 0.00 pH a 14.00 pH
Resolución : 0.01 pH
Procedencia : Romania
Ubicación : No indica
Tipo de indicación : Digital

METRINDUST S.A.C. Departamento de Metrología realiza calibraciones y certificaciones en metrología según procedimientos de calibración validados o normalizados.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al cliente recalibrar sus instrumentos y equipos a intervalos apropiados.

FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Fecha de calibración : 2022-05-04
Fecha de emisión : 2022-05-04
Lugar de calibración : Laboratorio Análisis Químico /
METRINDUST S.A.C.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Determinación del error de medición del medidor de pH, a partir de la comparación de la indicación del equipo con valores asignados a materiales de referencia de pH certificadas.

METRINDUST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



Genara Rodríguez Dennis
Gerente Técnico

Página 1 de 2

Certificado : MT - 2867 - 2022

CONDICIONES AMBIENTALES

	INICIAL	FINAL
Temperatura (°C)	25,2 °C	25,3 °C
Humedad relativa (%hr)	56,0 % hr	56,1 % hr

TRAZABILIDAD

TRAZABILIDAD	PATRÓN DE TRABAJO	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Patrones de referencia de HANNA INSTRUMENTS	BUFFER - 4,01 pH	5607
Patrones de referencia de HANNA INSTRUMENTS	BUFFER - 7,01 pH	5676
Patrones de referencia de HANNA INSTRUMENTS	BUFFER - 10,01 pH	5694
Patrones de referencia de INACAL - DM	Termómetro digital con incertidumbres de 0,016 °C al 0,07 °C	LT - 095 - 2022

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INDICACION DEL PH-METRO (pH)	VALOR CERTIFICADO (pH)	ERROR (pH)	INCERTIDUMBRE (pH)
3,97	4,01	-0,04	0,012
7,04	7,01	0,03	0,012
10,05	10,01	0,04	0,012

OBSERVACIONES

Los resultados de la calibración están dados a 25 °C

La recta de regresión calculada es: $Y = 1.01333x - 0.0835$

El coeficiente de correlación calculada es : 0.99997

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva (CALIBRADO).

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida reportada es la incertidumbre combinada multiplicada por el factor de cobertura ($k = 2$) de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.

** FIN DEL DOCUMENTO **

Página 2 de 2

D. CAUDAL DEL RIO MILLOJAHUIRA



CUADRO N° 01
CONTROL Y MEDICION DE FLUJOS AFLUENTES AL EMBALSE PASTO GRANDE
AÑO 2022

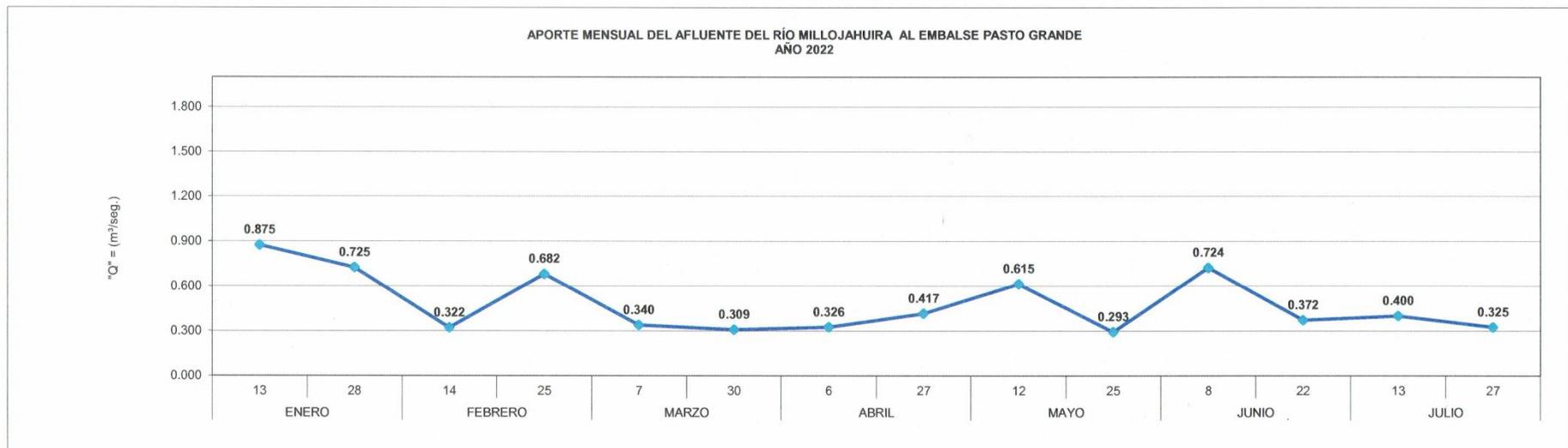
Item	Afluente	Coordenadas		Cota m.s.n.m.	"Q" = (m³/s)												PROM.	Observaciones		
		Norte	Este		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO				JULIO	
					13	28	14	25	7	30	6	27	12	25	8	22			13	27
01	Río Vizcallecoco	8156648.43	367817.18	4554.24	0.032	0.249	0.026	0.138	0.027	0.009	0.016	0.000	0.000	0.000	nm	nm	nm	nm	0.050	Cause río
02	Río Millojahuirá	8154397.00	372122.00	4541.00	0.875	0.725	0.322	0.682	0.340	0.309	0.326	0.417	0.615	0.293	0.724	0.372	0.400	0.325	0.480	Vertedero
03	Río Chapijoco	8154649.55	372552.18	4556.17	0.069	0.159	0.073	0.104	0.096	0.048	0.037	0.018	0.025	0.023	0.026	0.022	0.024	0.025	0.054	Cause río Bofedal
04	Río Queñuani	8153107.00	373290.00	4535.00	0.047	0.427	0.065	0.211	0.108	0.052	0.045	0.023	0.018	0.019	0.029	0.026	0.019	0.022	0.079	Cause río
05	Río Hualcane	8151771.00	375982.00	4576.00	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	Cause río
06	Río Antajarane	8151667.00	375967.00	4577.00	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	Cause río
07	Río Antajarane y Hualcane	8151576.00	375151.00	4557.00	1.475	1.899	0.732	1.694	1.216	0.624	0.598	0.374	0.125	0.131	0.383	0.284	0.189	0.220	0.710	Vertedero
08	Río Vizcachune	8146058.00	377261.00	4542.00	0.085	0.137	0.044	0.154	0.074	0.036	0.030	0.000	0.000	0.000	nm	nm	nm	nm	0.056	Cause río
09	Manantial Ocoroni	8158892.00	390325.00	4779.00	0.008	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	Ojo de Agua, bofedal
10	Quebrada Cacachara	8159139.00	385823.00	4.813.00	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	Cause río
11	Quebrada Acosiri	8158613.00	387423.00	4.720.00	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	0.014	nm	nm	nm	Cause río
12	Quebrada Cotañani	8158247.00	387220.00	4.793.00	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	0.025	nm	nm	nm	Cause río
13	Río Cacachara (Confluencia Acosiri + Cotañani)	8157894.00	387025.00	4.694.00	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	0.131	nm	nm	nm	Cause río
14	Quebrada Jacosive	8158637.00	386515.00	4.683.00	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	0.033	nm	nm	nm	Cause río
15	Río Cacachara - Frente Local de Comunidad	8156723.00	386366.00	4.680.00	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	Cause río
16	Quebrada Paulletani	8148248.00	382375.00	4.587.00	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	0.084	nm	nm	nm	Cause río
17	Río Cacachara (Antes de la confluencia río Patara)	8148251.53	382471.00	4.592.00	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	Cause río
18	Río Patara (Antes de la confluencia río Cacachara)	8148279.57	382469.00	4.599.00	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	Cause río
19	Río Patara - con Río Cacachara	8147864.00	380540.00	4.552.00	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	Cause río
20	Río Patara - Vertedero	8147358.00	376786.00	4545.00	4.179	5.482	1.679	6.570	2.551	1.119	1.160	0.220	0.250	0.244	0.162	0.194	0.161	0.152	1.723	Vertedero
21	Río Iocollo - Challajavira	8146147.43	377350.14	4546.40	0.175	0.164	0.087	0.097	0.054	0.027	0.020	0.000	0.000	0.000	nm	nm	nm	nm	0.062	Cause río
22	Vilacollo	8144811.52	378684.05	4543.70	0.005	0.005	0.005	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005	Ojo de Agua
23	Río Tocco	8139821.00	380059.00	4549.00	1.255	1.750	0.350	2.209	0.519	0.488	0.453	0.381	0.634	0.573	0.368	0.402	0.280	0.383	0.718	Cause río
24	Manantial Chapijoco	8143576.69	372527.50	4556.93	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	Ojo de Agua
25	Río Azmune (Anjo Anjo)	8144399.54	370721.96	4537.50	0.275	0.171	0.245	0.417	0.098	0.084	0.074	0.025	0.000	0.000	nm	nm	nm	nm	0.139	Cause río
26	Manantial Japocalla	8145530.44	370340.23	4528.37	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	Ojo de Agua
27	Río Incacache - M. Esjullo	8147937.00	369102.00	4536.00	0.042	0.026	0.048	0.096	0.072	0.027	0.021	0.015	nm	nm	nm	nm	nm	nm	0.043	Cause río
28	Río Chuculpine	8148476.00	369036.00	4535.00	0.260	0.552	0.361	0.503	0.275	0.169	0.155	0.030	nm	nm	nm	nm	nm	nm	0.288	Cause río
APORTE					8.788	11.761	4.052	12.896	5.450	3.012	2.955	1.523	1.687	1.303	1.713	1.608	1.094	1.148	4.214	
APORTE MEDIA MENSUAL						10.275		8.474		4.231		2.239		1.495		1.661		1.121	4.214	

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
"Q" Promedio m³/seg.	10.275	8.474	4.231	2.239	1.495	1.661	1.121					
Volumen Hm³	27.52	21.23	11.33	5.80	4.00	4.30	3.00					





CUADRO N° 02
GRÁFICA DE APOORTE MENSUAL DEL RÍO MILLOJAHUIRA AL EMBALSE PASTO GRANDE



E. HOJA DE SEGURIDAD DEL HIDRÓXIDO DE CALCIO



CALERA NUEVO AMANECEER SAC

HOJA DE SEGURIDAD (Material Safety Data Sheet) CAL APAGADA (HIDRÓXIDO DE CALCIO)

IDENTIFICACIÓN

Nombre del producto	Cal apagada.
Nombre comercial	Cal apagada, Hidróxido de Calcio.
Sinónimos	Cal hidratada, Hidróxido de calcio, Hidrato de calcio, Cal muerta, Cal de construcción, Cal agrícola.
Nombre químico y fórmula	Hidróxido de Calcio, Ca(OH)₂
Clase de artículos peligrosos y riesgo secundario	Clase 8. Sustancia corrosiva.
Disposiciones especiales	SP 106: Clasificada como peligrosa sólo para transporte aéreo.
Grupo de embalaje	III. Baja peligrosidad.
Usos	El hidróxido de calcio se utiliza como regulador de pH en la industria minera, manufactura de hormigón, yeso, cemento y otros materiales de construcción; álcalis, cuero, fluidos de perforación, lubricantes, petroquímicos, pesticidas, pulpa y papel, pinturas basadas en agua, blanqueadores y otros productos químicos, desinfectante, agente de la refinación del azúcar, agente de la neutralización de ácidos, tratamientos de agua y afluentes industriales, suplemento y aditivo alimenticio.
Presentación	En sacos de 50.00 Kg.
Granulometría	Molido, impalpable.

IDENTIFICACIÓN DEL FABRICANTE

Razón social	CALERA NUEVO AMANECEER S.A.C.
RUC	20569075051
Dirección y domicilio fiscal	Calle Las Palmeras N° 133 El Tambo-Huancayo
Teléfono	064-249257
Fax	064-249257
Ubicación de la planta de producción	Paraje Uyllucorral, Anexo de Ñahuinpuquio Ahuac-Chupaca

DESCRIPCION

Apariencia	Color blanco o casi blanco (beige), polvo fino.
Olor	No presenta olor.
Punto de ebullición	2.850°C
Punto de fusión	Deshidratación a 580 °C
Presión de vapor	No volátil
Densidad a granel	1.100 – 900 kg./m3
Punto de inflamación	No inflamable
Límites de inflamabilidad	No aplicable
Propiedades explosivas	No explosivo
Propiedades comburentes	No aplicable
Solubilidad en agua	Muy poco soluble en agua. Insoluble en alcohol; soluble en glicerol, soluciones de azúcar, cloruro de amonio.
pH	12 - 12.49

OFICINA:
Calle Las palmeras N° 133 El Tambo – Huancayo – Junín
Tel.: (064) 249257 Cel.: 998552272
Email: caleranuevoamanecer@gmail.com, proyectocalcita@gmail.com

UNIDAD DE PRODUCCIÓN:
Paraje Uyllucorral S/N
Anexo de Ñahuinpuquio
Ahuac – Chupaca – Junín



CALERA NUEVO AMANECEER SAC

Protección personal:	
Piel:	Use ropa de protección cómoda y suelta y botas impermeables. Aplíquese crema protectora en las manos o use guantes (AS 2161). Lávese completamente después del trabajo. Lave regularmente la ropa de trabajo.
Ojos:	Se recomienda usar gafas protectoras de polvo firmemente ajustadas.
Respiratoria:	En caso de generación de polvo, utilice un filtrador de partículas de tipo P1 o P2 (AS/NZS 1715 y 1716). Use sólo filtradores que cumplan con las normas internacionales y que estén correctamente ajustados. Considere que las personas con barba tendrán dificultad para proteger su cara completamente. Para alternativas, consulte AS/NZS 1715: <i>Selección y uso de dispositivos de protección respiratoria</i> .
Inflamabilidad:	El hidróxido de calcio no es inflamable, pero en contacto con agua o ácidos, puede producir calor suficiente para encender los materiales que están alrededor.



INFORMACIÓN DE RIESGO PARA LA SALUD

EFFECTOS EN LA SALUD

Agudos: (los efectos pueden ocurrir inmediata o brevemente después de una única exposición).

General:	Corrosiva: Aplique las prácticas de trabajo seguro para evitar el contacto con los ojos y la piel, y la generación e inhalación de polvo.
Ingestión:	Corrosiva: La ingestión puede producir ulceración y ardor en la boca y garganta, náuseas, vómitos, dolor abdominal y diarrea.
Ojos:	Corrosiva: Irritación severa dependiendo del contacto. Una sobreexposición puede producir dolor, coloración roja, ardor de la córnea y ulceración con posible daño permanente.
Piel:	Corrosiva: El contacto prolongado y repetido con el material en forma de polvo o húmedo puede producir erupción cutánea y dermatitis.
Inhalación:	Corrosiva: La sobreexposición al polvo puede producir irritación severa de la membrana mucosa de la nariz y garganta, tos y bronquitis en alto grado.

PRIMEROS AUXILIOS

Ingestión:	No induzca el vómito. Lávese la boca y labios con abundante agua y beba gran cantidad de agua o leche. Busque atención médica urgente.
Ojos:	 Lave la zona alrededor de los ojos para eliminar el polvo. Enjuague con abundante agua por 15 a 20 minutos. Retire todas las partículas accesibles de cal (el dolor puede impedir el lavado apropiado de los ojos, a menos que se un anestésico local). Busque ayuda médica urgente. Continúe lavándose los ojos hasta obtener ayuda médica.
Piel:	Sáquese inmediatamente toda la ropa contaminada, incluyendo los zapatos. Lave completamente las áreas afectadas con abundante jabón y agua por 15 a 20 minutos. Si persiste algún efecto, busque atención médica. 

OFICINA:
 Calle Las palmeras N° 133 El Tambo – Huancayo – Junín
 Tel.: (064) 249257 Cel.: 998552272
 Email: caleranuevoamanecer@gmail.com, proyectocalcita@gmail.com

UNIDAD DE PRODUCCIÓN:
 Paraje Uyllucorral S/N
 Anexo de Nahuinpuquio
 Ahuac – Chupaca – Junín



CALERA NUEVO AMANECEER SAC

Inhalación:	Deje el área polvorienta, lave con agua. Si asiste a una víctima, utilice un filtrador de partículas aprobado clase L. Evite convertirse en una víctima. Si la víctima no respira, déle respiración artificial. Busque atención médica urgente.
Instalaciones de primeros auxilios:	Se debe disponer de instalaciones para el lavado de ojos y duchas de seguridad.
Nota para los médicos:	Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología. Que brinde información para el manejo médico de la persona afectada. Con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.

INFORMACIÓN DE MANEJO SEGURO

Almacenamiento y transporte	El hidróxido de calcio debe permanecer seca, lejos de la humedad, vapor o ácidos. Los silos de acero y barras cerradas herméticas de camiones-tanques son formas comunes de almacenamiento y transporte. El transporte a granel se debe realizar en camiones tipo volquete para un manejo seguro o si se transportan en camiones tipo baranda lo recomendable es que la cal este en sacos. Las instalaciones de manejo y almacenamiento común no se deben usar para hidróxido de calcio ni materiales que contengan agua de cristalización como alumbre, sulfato de cobre, etc. Almacenar en el área correspondiente a corrosivos.
Derrames y eliminación	Evacuar o aislar el área de peligro. Restrinja el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubíquese a favor del viento. Use equipo de protección personal. Ventile el área. No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas. Minimizar la generación de polvo. Absorber con material inerte como tierra y/o arena. Deposite en contenedores limpios y secos. Lave la zona con abundante agua. Los derrames deben ser limpiados usando cualquier medio seco tal como escobilla, pala o aspiradora, por personal adecuadamente equipado. El material residual se debe vaciar a una cañería de desagüe con suficiente agua, preferentemente reciclada.
Riesgo de incendio/explosión	Se descompone a una temperatura superior a los 400° C, produciendo óxido de calcio. Mantenga alejado de fuente de calor. Evitar el contacto con materiales incompatibles. Proporcionar adecuada ventilación. No es combustible, pero en contacto con agua puede generar calor suficiente para encender los materiales alrededor. NO USE AGUA para apagar un incendio, ya que ésta puede agravar la situación. USE PRODUCTOS QUÍMICOS SECOS O EXTINGUIDORES DE TIPO CO2. En caso de incendio evacue o aisle el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubíquese a favor del viento. Use equipo de protección personal.

NORMATIVIDAD

Producción, transporte, manipulación, venta y compra local.	El Decreto Legislativo N° 1126 y su reglamento, aprobado por el Decreto Supremo N° 044-2013-EF, delegan a la SUNAT el registro, control y fiscalización de insumos químicos.
--	--

OFICINA:
 Calle Las palmeras N° 133 El Tambo – Huancayo – Junín
 Tel.: (064) 249257 Cel.: 998552272
 Email: caleranuevoamanecer@gmail.com, proyectocalcita@gmail.com

UNIDAD DE PRODUCCIÓN:
 Paraje Uyllucorral S/N
 Anexo de Ñahuinpuquio
 Ahuac – Chupaca – Junín



CALERA NUEVO AMANECEER SAC

RÓTULADO PARA TRANSPORTE

NFPA	UN (3262)

COMPOSICIÓN QUÍMICA

Nombre químico	Numero CAS	Proporción
Hidróxido de calcio (Ca(OH) ₂)		80.00 – 90.00% Aproximado
Óxido de calcio (CaO)	1305-62-0	60.00 – 70.00% Aproximado
Oxido de silicio (SiO ₂)	14808-60-7	0.30% Aproximado
Óxido de magnesio (MgO)	1309-48-4	0.44% Aproximado
Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	1377-28-1	0.12% Aproximado
Óxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	1309-37-1	0.053% Aproximado

OTRAS PROPIEDADES

Calcinación completa	Carbón antracita
Condiciones que deben evitarse	Calor, generación de polvo e incompatibles, protegerlo del aire y la humedad para evitar su degradación.
Materiales que deben evitarse	Acidos, Materiales fuertemente Alcalinos, Fósforo, Nitropropano, Nitroparafina, Nitromethano, Nitroethano, y Anhídrido Maleico.
Información adicional	El hidróxido de calcio absorbe la humedad y dióxido de carbono del aire y forma carbonato de calcio que es muy común en la naturaleza.

PRECAUCIONES PARA EL USO

Recomendación del fabricante	Expóngase al polvo lo menos posible. Si los niveles de polvo respirable se mantienen bajo los 2 mg/m ³ , los problemas de salud, tales como irritación cutánea, ocular y respiratoria se verán minimizados.
Controles de polvo	Evite la generación de polvo. Todos los trabajos con hidróxido de calcio se deben realizar de forma tal, que se minimice la exposición al polvo y el contacto cutáneo repetido. En lugares en que se pueda generar polvo, mientras se maneja hidróxido de calcio, utilice un sistema de extracción o ventilación mecánica local en aquellas áreas, donde el polvo puede alcanzar el puesto de trabajo. Para distribución a granel, se recomiendan los sistemas de bombeo cerrados. Siga las instrucciones de protección personal señaladas más abajo si no cuenta con una ventilación de tubo de escape local. Las áreas de trabajo se deben aspirar regularmente. Si no se puede evitar la generación de polvo, observe las recomendaciones para protección personal señaladas a continuación.

OFICINA:
 Calle Las palmeras N° 133 El Tambo – Huancayo – Junín
 Tel.: (064) 249257 Cel.: 998552272
 Email: caleranuevoamanecer@gmail.com, proyectocalcita@gmail.com

UNIDAD DE PRODUCCIÓN:
 Paraje Uyllumorral S/N
 Anexo de Nahuinpuquio
 Ahuac – Chupaca – Junín