

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A
PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS
RECICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA
PARA LA DISMINUCIÓN DE TURBIDEZ Y
METALES PESADOS EN AGUAS DEL RÍO
MOCHE – LA LIBERTAD 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autor:

Alexandra Nicol Paredes Lopez

Asesor:

MCs. Juan Carlos Flores Cerna

<https://orcid.org/0000-0001-7638-3456>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Elvar Renato Miñano Mera	18130961
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Ronald Alvarado Obeso	44562630
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Wilberto Effio Quezada	42298402
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a Dios, por permitirme llegar a este punto de mi vida y alcanzar este objetivo trazado. A mis padres Viviana Lopez Chipa, Jhonny Paredes Gonzales y Leyther Hernandez Zamora, quienes me han brindado el soporte y apoyo constante; además, de ser quienes me educaron en base a valores y perseverancia. A mi hermano Mauricio Hernandez Lopez, por estar siempre conmigo dándome palabras de aliento. También, a mis amigos que me apoyaron en este largo proceso. Por último, esto es por ti y para ti, mamá.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por permitirme alcanzar este objetivo trazado y no desistir en el camino. Así como también, agradezco a mis padres por la educación que me brindaron a base de mucho esfuerzo y sacrificio. Además, del apoyo incondicional de mi familia.

A mi asesor, el Ing. Juan Carlos Flores por ser el soporte y guía en este proceso. Además, sin su orientación no hubiese sido posible la culminación de esta investigación.

A mis amigos de la carrera, del trabajo y de mi compañía que me brindaron su apoyo y palabras de aliento.

A mí, por lograr esta meta y no rendirme en el camino. Sabe Dios cuánto me esforcé a lo largo de la carrera y como me enseñaron en mi querida compañía: resistir, persistir y nunca desistir.

Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática	9
1.2. Formulación del problema	43
1.3. Objetivos	43
1.4. Hipótesis	44
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	44
CAPÍTULO III: RESULTADOS	51
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	74
REFERENCIAS	78
ANEXOS	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes químicos de concha de abanico	27
Tabla 2. Ficha de recolección de datos de muestra de agua	45
Tabla 3. Dosificación de la muestra	47
Tabla 4. Resultados de ensayos de caracterización de arcilla blanca	49
Tabla 5. Resultados de composición química de residuos calcáreos	50
Tabla 6. Cuadro resumen de los resultados de la turbidez al 25%	51
Tabla 7. Cuadro resumen de los resultados de la turbidez al 50%	51
Tabla 8. Cuadro resumen de los resultados de la turbidez al 75%	52
Tabla 9. Cuadro resumen de los resultados de la cantidad de hierro al 25%	54
Tabla 10. Cuadro resumen de los resultados de la cantidad de hierro al 50%	54
Tabla 11. Cuadro resumen de los resultados de la cantidad de hierro al 75%	55
Tabla 12. Cuadro resumen de los resultados de la cantidad de plomo al 25%	56
Tabla 13. Cuadro resumen de los resultados de la cantidad de plomo al 50%	57
Tabla 14. Cuadro resumen de los resultados de la cantidad de plomo al 75%	57
Tabla 15. Cuadro resumen de los resultados de la cantidad de cobre al 25%	59
Tabla 16. Cuadro resumen de los resultados de la cantidad de cobre al 50%	59
Tabla 17. Cuadro resumen de los resultados de la cantidad de cobre al 75%	60
Tabla 18. Análisis de varianza de dos factores del ensayo de Turbidez	65
Tabla 19. Cuadro resumen de resultados de ANOVA del ensayo de Turbidez	66
Tabla 20. Análisis de varianza del ensayo de cantidad de hierro	67
Tabla 21. Cuadro resumen de resultados de ANOVA del ensayo de cantidad de hierro	68
Tabla 22. Análisis de varianza del ensayo de cantidad de plomo	68
Tabla 23. Cuadro resumen de resultados de ANOVA del ensayo de cantidad de plomo	69
Tabla 24. Análisis de varianza del ensayo de cantidad de cobre	69
Tabla 25. Cuadro resumen de resultados de ANOVA del ensayo de cantidad de cobre	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Concha de abanico (Argopecten Purpuratus)	23
Figura 2. Ciclo de vida de la concha de abanico	24
Figura 3. Morfología externa de la concha de abanico	25
Figura 4. Morfología interna de la concha de abanico	26
Figura 5. Esquematización de los filtros	48
Figura 6. Resultados del ensayo de turbidez de agua sin y con tratamiento	53
Figura 7. Resultados del ensayo de cantidad de hierro de agua sin y con tratamiento	55
Figura 8. Resultados del ensayo de cantidad de plomo en el agua sin y con tratamiento	58
Figura 9. Resultados del ensayo de cantidad de cobre en el agua sin y con tratamiento	60
Figura 10. Porcentajes de remoción de la turbidez en el agua del rio Moche	62
Figura 11. Porcentajes de remoción de hierro en el agua del rio Moche	63
Figura 12. Porcentajes de remoción de plomo en el agua del rio Moche	64
Figura 13. Porcentajes de remoción de cobre en el agua del rio Moche	65

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo elaborar un material absorbente a partir de residuos calcáreos reciclados con matriz de cerámica para la disminución de turbidez y metales pesados en aguas del río Moche, La Libertad. Para ello se muestreó y recolectó 30 L del río Moche, se utilizó arcilla caolinitica obtenida de Huamachuco y los residuos calcáreos reciclado de restaurantes de la zona. Después, de los ensayos de caracterización de la materia prima se realizó la preparación del material absorbente de forma esférica de 1cm de diámetro utilizando un 15 % de agua para mezclado y luego, se secó a 110 °C. Posteriormente, se calcinaron a 700, 800 y 900 °C. Luego, se utilizó 1 L de agua de río con el material absorbente a 100 rpm. En conclusión, el material absorbente obtuvo mayores valores de reducción de turbidez, plomo, hierro y cobre en los que contenían 50 % de residuos calcáreos y a 900 °C de calcinación, estos valores fueron 70.1 % de turbidez, 68.2 % de hierro, 67.9 % de plomo, 53.5 % de cobre.

PALABRAS CLAVES: (agua, turbidez, plomo, hierro, cobre, material absorbente, residuos calcáreos, matriz de cerámica).

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El uso del agua ha ido aumentando anualmente en todo el mundo desde los años 80 del siglo pasado, impulsado por una combinación de aumento de la población, desarrollo socioeconómico y cambio en los modelos de consumo. La demanda mundial de agua se espera que siga aumentando a un ritmo parecido hasta el 2050, lo que representa un incremento por encima del nivel actual del uso del agua, debido principalmente al aumento de la demanda en los sectores industrial y doméstico. Los niveles de escasez seguirán aumentando a medida que crezca la demanda de agua y se intensifiquen los efectos del cambio climático. El incremento de la población y el incremento de las industrias tienden a generar aguas contaminadas por distintos componentes que son desechados. (Unwater, 2019)

El mundo en la actualidad afronta una serie de problemas ecológicos, siendo la contaminación uno de los que causan mayor impacto a los diferentes organismos; definiéndose a ésta como el factor que causa la modificación de las características físicas, químicas y biológicas del ambiente. (Bordehore, 2001)

La contaminación de las aguas continentales es un problema de escala mundial, principalmente debido al impacto de los relaves mineros. Durante las dos últimas décadas se ha hecho evidente la falta de investigación sobre el tema y la gran cantidad de información publicada contiene principalmente resultados de experiencias de diseño y operación, aunque existen varios aspectos importantes que aún no han sido investigados, se considera que este proceso de tratamiento de aguas residuales puede considerarse como uno de los sistemas de tratamiento más eficaces. (Arocutipa, 2013)

El agua es de vital importancia para el ser humano; ya que, al ser considerado el solvente universal, ayuda a eliminar las sustancias que resultan de los procesos bioquímicos producidos en el organismo. Sin embargo, también puede transportar sustancias nocivas al organismo, ocasionando daños en la salud de las personas. Las fuentes de agua que abastecen a una población pueden proceder de la lluvia, de aguas superficiales o de aguas subterráneas. El agua que se trata para consumo humano es de origen superficial. (Chulluncuy, 2011)

En el Perú la contaminación de agua es un problema muy grande, la mayoría de los ríos del país presentan grandes cantidades de metales pesados y otros tipos de contaminantes producidos por distintos tipos de industrias, lo que viene causando problemas de salud en las zonas rurales y urbanas que consumen de dicha fuente de agua. Así, en los últimos años la puesta en operación de muchos proyectos mineros en La Libertad ha generado que las aguas contaminadas por relaves mineros se incrementen, porque los ríos, lagos, lagunas y el mar son los receptores finales de las evacuaciones residuales provocadas por el hombre. Un claro ejemplo son las aguas contaminadas que presenta el río Moche en los últimos años. (Huaranga et al., 2012)

Actualmente, se viene desarrollando normativas para controlar estos hechos, pero también urge la búsqueda de métodos y técnicas de tratamientos de agua que mejoren la calidad del mismo. (Southern Perú Cooper Corporation, 1986)

Dentro de las nuevas técnicas que se investigan, surge la oportunidad de utilizar materiales orgánicos con capacidad de regular el pH, turbidez y con la capacidad de absorción y adsorción de metales pesados, tal y como son los materiales calcáreos reciclados obtenidos de conchas de abanico. Siendo, La Libertad una región costera donde el uso de este material se da a gran escala y se almacena en grandes cantidades en botaderos, surge la idea de usarlo debido a las características anteriormente mencionadas, la forma del uso puede

variar, una opción latente es el uso de este material en filtros que tengan cierta resistencia al agua, a la degradación y tenga mayor durabilidad, tal y como pueden ser los filtros con matriz arcillosa cerámica. (Julián et al., 2018)

Por ello, lo expuesto anteriormente se plantea esta nueva metodología como alternativa a los métodos ya existentes de tratamientos de agua para disminuir la contaminación y que la calidad de agua sea la adecuada para su uso y el consumo humano.

Existen antecedentes que sirven de guía y apoyo acerca del uso de residuos calcáreos de conchas de abanicos en el tratamiento de agua, tales como:

Payán, S. (2016), en su investigación "*Estudio y diseño de biofiltro a partir de materia orgánica para el tratamiento de agua*". Planteándose como objetivo general, desarrollar una tecnología que permita el diseño y construcción de filtros bioartificiales, a partir de materia orgánica, basado en flavonoides; así como, el uso de la química computacional para obtener información de sus propiedades de captura de metales en estado iónico de elementos contaminantes; empleados para el tratamiento de agua para consumo humano. En esta investigación, se realizó un filtro, cuyos elementos filtrantes son fabricados de material biológico para eliminar elementos tóxicos del agua como son Flúor (F), Arsénico (As), Plomo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), y Zinc (Zn), utilizando flavonoides, inicios para los seres vivos y que tienen la capacidad de capturar elementos o radicales libres, y retenerlos por medio de intercambio iónico purificando el agua que pasa a través de dicho filtro. El resultado después de poner en contacto el agua con los elementos filtrantes fabricados con flavonoides es un efluente libre de estos elementos tóxicos, y que por tratamiento posterior puede ser utilizado para consumo humano.

Vásconez, V. (2017), en su investigación *“Análisis de la piedra pómez como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del centro de faenamiento Ocaña del Cantón Quero”*. Tuvo como objetivo general analizar la piedra pómez como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del centro de faenamiento Ocaña del cantón Quero. Se utilizó 35 L de piedra pómez para la elaboración del filtro, se instaló en el camal y estuvo en funcionamiento durante tres meses, en los cuales, se tomó nueve muestras de agua residual filtrada. Se realizó análisis de demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y Sólidos Totales, ya que son los que determinan la calidad de este tipo de aguas residuales. Concluyendo, que el biomaterial en este caso la piedra pómez puede utilizarse en el pretratamiento del agua residual proveniente del camal.

Aguilar, L. (2020), en su tesis *“Eficiencia de las conchas de abanico como medio filtrante de un prototipo de filtro lento en la JASS Shirapampa, provincia de Huaraz, departamento de Ancash – 2017”*. Tuvo como objetivo principal evaluar la eficiencia de las conchas de abanico como medio filtrante de un prototipo de un filtro lento en la JASS Shirapampa. Evaluando propiedades como son la turbiedad, temperatura, pH y sólidos en suspensión del agua de entrada. Obteniendo que, por efecto de la capacidad del prototipo de filtración lenta con conchas de abanico durante las 17 semanas de ensayo, los niveles de turbiedad, temperatura, pH y sólidos en suspensión del agua de salida del prototipo, variaron de 0,75 UNT; 17,0 °C; 7,0 y 0,9 mg/L a 14,5 UNT; 22,1 °C; 9,08 y 43 mg/L respectivamente, valores dentro del rango permisible.

Alva, C. (2021), en su investigación *“Estudio de la viabilidad técnico-ambiental de la aplicación de pellets basados en valvas de conchas de abanico y exoesqueletos de langostinos como adsorbentes para la remoción de metales pesados en agua”*. Proponiendo la aplicación del método de adsorción de metales pesados en agua con ayuda de pellets basados en conchas de abanico y quitina, como alternativa para la remoción de arsénico en

agua. Tuvo como objetivo principal, remover el arsénico del agua usando pellets conformados por polvo de conchas de abanico con quitina extraída de los exoesqueletos de los langostinos. Fabricaron pellets a partir de un compuesto formado por las conchas de abanico y quitina, obtenido de residuos de langostinos. Dando como resultado que los pellets con mejor porcentaje de adsorción y costo son los que contienen un 30 % de quitina y 70 % de conchas de abanico siendo capaces de remover el 21 % de arsénico en agua contaminada después de 90 minutos.

Moreno, D y Risco T (2016), que investigaron *“Evaluación de la temperatura de calcinación y el tamaño de partícula de valvas de concha de abanico sobre el porcentaje de remoción de cromo trivalente en soluciones acuosas artificiales de Cr^{3+} mediante un proceso de precipitación”*. Donde, se planteó como objetivo general, evaluar la temperatura de calcinación y el tamaño de partícula de polvo valvas de conchas de abanico recicladas sobre el % de remoción de cromo a partir de soluciones acuosas artificiales. Para este análisis se usó 250 ml de solución de cromo con 5 g de cada valva triturada con diferentes tamaños. Mediante un agitador magnético se realizó una mezcla rápida de 10 minutos a 400 rpm y una mezcla lenta de 30 minutos a 120 rpm. Luego, se dejó la solución durante 24 horas sellada herméticamente con papel adherente. Esto se explicó de la siguiente manera, que ambas muestras calcinadas (600 °C y 1 000 °C) elevan el pH de la solución; es decir, liberan iones OH^- lo cual favorece a la precipitación de hidróxido de cromo sobre la superficie de la valva. La importación del tamaño de partícula fue muy pequeña, esto explicó que a menor tamaño mayor área superficial de la valva que interaccionó con Cr^{3+} . La conclusión del estudio fue que la calcinación a 1 000 °C con el menor tamaño de partícula reduce mayor % de cromo.

Valderrama, H (2018), que en su investigación "*Remediación del pH en la laguna Los Ángeles usando arcilla y concha de abanico*". Utilizando el compuesto arcilla-concha de abanico en una dosificación 1:1:1 y 2:1:1 El propósito del proyecto fue elevar el pH y así mejorar la calidad del agua de esta laguna que abastece de agua al distrito de Quiruvilca que cuenta con una población de 8 000 habitantes. Lo que se quiso lograr es poder presentar esta propuesta, con el fin de poder mejorar la calidad de aguas superficiales, además fue un gran logro para la ampliación de los conocimientos en la ingeniería, ya que se creó un nuevo material natural para remediar el pH del agua. Por la composición de cada material utilizado, el compuesto, híbrido, en esferas de 2mm elevó el pH ácido y de esta manera alcalinizó el agua de la laguna los Ángeles - Quiruvilca. Teniendo como pH inicial 5,12 y al aplicarle el híbrido el pH se elevó a 12,42 siendo el valor más resaltante con la proporción 1:1:1.

El agua es el componente más importante de nuestro planeta, gracias al cual nació la vida y se conservó en la forma en que la conocemos hoy. Constituye del 50 al 90% de todos los seres vivos. También, es el componente más abundante del planeta Tierra, cubre el 70% de la superficie terrestre, aunque solo el 3% del agua dulce es apta para el consumo humano, ha sido contaminada en los últimos años por acciones humanas que ponen en peligro la vida. (Cotrina, Farfan, Flores y Tesen, 2019)

El agua dulce es un recurso finito. La parte utilizable de este recurso es inferior al 1 % del total y al 0,01 % del agua total de la Tierra. Según la Organización Mundial de la Salud, aproximadamente tres millones y medio de personas mueren cada año, en su mayoría niños, a causa de la enfermedad diarreica aguda (EDA), muchas veces por falta de agua potable y de un tratamiento adecuado. (Diaz, Caballero 2015)

1.1.1. Aguas Residuales

Según la OEFA (2014), la define como aguas que ya han sido utilizadas y contienen sustancias contaminantes que han modificado sus características originales y que tienen que ser debidamente tratadas para posteriormente poder ser reusadas.

1.1.1.1. Efluentes

Son aguas que contienen desechos líquidos, sólidos o gaseosos que son producto del uso rutinario de las aguas emitidas por la actividad antropogénica e industrial, los desechos que contienen los efluentes pueden ser de características química y biológica de acuerdo a su origen que puede ser de instalaciones sanitarias, industrias químicas, curtiembres, textiles, alimenticias, petroquímicas, metalúrgica y papelera. (Cotrina et. al, 2019)

1.1.1.2. Límite Máximo Permisible (LMP)

Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental. (Cotrina et. al, 2019)

1.1.1.3. Pozo Séptico

Es un tanque en el cual se recibe el agua y que tiene como objetivo principal tratar las aguas residuales domésticas separando los desechos sólidos mediante el proceso de sedimentación y mediante el proceso séptico se estabilizan la materia orgánica de los lodos. Estos tanques poseen gran cantidad de microorganismos patógenos y materia orgánica que son perjudiciales para la salud humana. (López, 2015)

1.1.1.4. Aguas Residuales Domésticas

Conocida como agua negra, es el producto de los procesos de uso del agua hechos por el hombre, como el saneamiento, la limpieza, el baño, etc.; Esta agua contiene un alto contenido de microorganismos, materia orgánica y otras sustancias, de calidad uniforme y estándar, aunque con ligeras diferencias según el nivel económico, social y cultural de la comunidad. (Diaz y Caballero, 2015)

1.1.1.4.1. Parámetros fisicoquímicos de aguas residuales domesticas

a. Sólidos disueltos totales (SDT)

Es un parámetro que determina la cantidad de materia existente en la muestra de agua, los sólidos totales disueltos es la suma de los minerales, sales disueltas y metales, este parámetro es muy importante para determinar la calidad del agua. (Singler y Bauder 2012)

b. Sólidos suspendidos totales (SST)

Es el conjunto de todos los sólidos se les denomina solidos totales y pueden clasificarse a su vez según diversos criterios, pueden dividirse en solidos suspendidos y sólidos filtrables, el residuo que no es capaz de filtrarse de la muestra de agua, se determina con la porción de sólidos que fueron retenidos por los filtros. (Cotrina et. al, 2019)

c. Turbidez

Es un parámetro físico que indica y mide la claridad del agua, esto se debe a la existencia de partículas en

suspensión, existen parámetros que intervienen en la turbidez de este elemento como pueden ser partículas de suelos, fitoplancton, descargas de efluentes, etc. Las aguas turbias reducen la concentración de oxígeno, los sólidos suspendidos absorben la luz haciendo que el agua se caliente provocando interrupción en el proceso de fotosíntesis reduciendo mayor aún el oxígeno disuelto en el agua. La medición de la turbidez se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro, siendo la unidad utilizada la unidad nefelométrica de turbidez (UNT). (González, 2011)

d. Temperatura

La temperatura es un parámetro muy relevante que influye en el desarrollo actividad biológica, así como reacciones químicas su velocidad de reacción química, un aumento de temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, este parámetro se determina mediante una prueba de termometría in-situ. (Aznar, 2012)

Al aumentar la temperatura se incrementa la velocidad de las reacciones químicas y biológica, esto en los procesos metabólicos a aumentar la temperatura 10 °C se incrementa de 2 a 3 veces la demanda de oxígeno, además la solubilidad del oxígeno en agua disminuye con la temperatura; lo cual, unido al aumento de sus demandas en las reacciones químicas y biológicas puede concluir en la época de estival al agotamiento de oxígeno en agua

e. Potencial de Hidrógeno (pH)

Es un parámetro que se calcula con el número de iones de hidrógeno que permite determinar la acidez, neutralidad o basicidad de una sustancia midiendo de una escala de 0 – 14; indicando la escala 7 como básica, menor a la escala 7 como sustancia ácida y mayor a 7 como sustancia básica, el parámetro mencionado es muy importante ya que de esta depende la calidad de las aguas. (DIGESA, 2016)

f. Conductividad Eléctrica (C.E.)

Es la capacidad que tiene el agua para conducir la corriente eléctrica mediante la medición del número de iones que se encuentran en la solución, su unidad de medida son los $\mu\text{Siemens/cm}$ en las aguas residuales la conductividad eléctrica es más elevada debido a la alta concentración de nitratos, sulfatos y cloruros. La conductividad eléctrica representa un indicador ya que la variación de rangos constante indica presencia de contaminantes. (Goyenola, 2007)

g. Potencial REDOX

Es la medición de la oxidación, reducción de la energía química, este indicador resulta ser negativo cuando se produce reducción de la energía química y positiva cuando ocurre una oxidación de esta energía, se tiene que tener en cuenta que la variación del pH influye en la reacción redox. (Panachlor, 2014)

h. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Este parámetro indica la cantidad de oxígeno consumida por microorganismos y bacterias para poder ser descompuestos en el periodo de 5 días a temperaturas de 20 °C, se mide en mg/L este parámetro estima el grado de carga que representa estas aguas con el cauce receptor. Este parámetro es muy importante ya que al superar los límites permisibles establecidos puede afectar con la vida biológica acuática. (Graf, 2019)

i. Demanda química de oxígeno (DQO)

Este parámetro tiene como finalidad estimar la cantidad de materia orgánica en el agua así también representa la cantidad de oxígeno consumido por sustancias contaminadas que se encuentran en el agua durante un determinado lapso de tiempo pudiendo ser sustancias orgánicas e inorgánicas. (Hanna, 2014)

1.1.1.4.2. Metales pesados

a. Cobre (Cu):

La mala disposición de aguas residuales, generalmente terminan en los suelos, alterando el proceso productivo, pH, actividad microbiana y pérdida de materia orgánica, este metal al ser acumulado en las plantas altera su normal desarrollo y en los animales les causa envenenamiento. (Cotrina et. al, 2019)

b. Plomo (Pb):

Son considerablemente tóxicos, tanto como para la salud y el medio ambiente, es un contaminante bioacumulable frecuentemente en lodos, limos, sedimentos que pueden llegar a los suelos impidiendo el crecimiento usual de las plantas, síntesis de su clorofila, siendo mayor aún la consecuencia cuando se inserta a la cadena alimenticia.

c. Cinc (Zn):

Este elemento se puede encontrar de manera natural en los cuerpos de agua, la presencia de cinc en el agua puede alterar su sabor y aumentar la turbidez, el cinc resulta ser más soluble en el agua si la acidez (pH) también es mayor.

d. Hierro (Fe):

El hierro en contacto con el agua se oxida formando hidróxidos, estos compuestos tiñen el agua de color rojizo además de tener un olor desagradable y de reducir el flujo normal del agua.

e. Cadmio (Cd):

La fuente de generación de cadmio es la fabricación de fertilizantes y las bioindustrias, el cadmio que se encuentran en las aguas residuales termina contaminando los suelos que son absorbidos por los lodos y pueden también contaminar aguas superficiales y subterráneas, así como también amenaza la biodiversidad de microorganismos que

son vulnerable a este contaminante.

f. Arsénico (As):

Es un metaloide generado por las industrias y también puede ser encontrado en suelos naturalmente, la ingestión de aguas contaminadas con este metaloide puede provocar algunas enfermedades epiteliales, así como el desarrollo de cáncer, debiendoser tratadas antes de su consumo.

1.1.2. Base legal

1.1.2.1. Constitución Política del Perú de 1993:

Base del sistema jurídico del Perú, cuyo objetivo es controlar, regular y defender los derechos y libertades de los peruanos, así como organizar los poderes e instituciones políticas. El capítulo 11 del Título 111 denominado "Del Ambiente y los Recursos Naturales" establece en su art. 66° que los recursos naturales renovables y no renovables son patrimonio de la Nación y, por ende, el Estado es soberano en su aprovechamiento. Asimismo, en los art. 67°, 68° y 69° establece que el Estado se encarga de promover el uso sostenible y la conservación de sus recursos naturales.

1.1.2.2. Ley N° 28 611. Ley General del Ambiente:

Su objetivo primordial es ordenar el marco normativo legal para la gestión ambiental y establecer los principios para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente y sus componentes.

1.1.2.3. Decreto Supremo N° 001-2010-AG. Reglamento de la Ley No 29

338- Ley de Recursos Hídricos.

CAPITULO 1: Este reglamento tiene por objeto regular el uso y gestión de los recursos hídricos que comprenden el agua continental (superficial y subterránea) y los bienes asociados a ella, así como la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, arreglo a las disposiciones contenidas en la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29 338.

CAPITULO 2.: Se aplica a todas las entidades del sector público nacional, regional y local que ejercen competencias, atribuciones y funciones respecto a la gestión y administración de recursos hídricos continentales superficiales y subterráneos, y a toda persona natural o jurídica de derecho privado que interviene en dicha gestión. También se aplica a las entidades con competencias sobre las aguas marítima y atmosférica, en lo que corresponda.

CAPITULO 3: En el artículo 149° se establece que la ANA es la autoridad que deberá establecer los requisitos y aprobar el procedimiento para el otorgamiento de autorizaciones de reúso de aguas residuales tratadas. Por otro lado, en el art. 150 se establece que las solicitudes de autorización de reúso de aguas residuales tratadas serán evaluadas tomando en cuenta los estándares nacionales o, en su defecto, las guías correspondientes de la Organización Mundial de Salud.

1.1.2.4. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias (2017):

Establece los estándares nacionales de calidad ambiental para cuerpos de agua superficial,destinado a cuatro usos:

- Poblacional y recreacional (categoría 1)
- Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales (categoría 2)
- Riego de vegetales y bebidas de animales (categoría 3)
- Conservación del ambiente acuático (categoría 4)

1.1.3. Las Conchas de abanico (*Argopecten purpuratus*):

La concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) es un filtrador de partículas en suspensión (seston), principalmente de fitoplancton. Pertenece al Phylum Mollusca, Clase Bivalvia, Familia Pectinidae. Se caracteriza por poseer valvas grandes, fuertes, pectiniformes (forma de abanico) y convexas (la superior ligeramente más que la inferior). Cada valva presenta entre 24 y 26 estrías radiales bastante uniformes y posee una coloración externa que varía del rosado al púrpura oscura, algunas veces con coloración naranja. (Cueto, 2016)



Figura 1. Concha de abanico (*Argopecten Purpuratus*)

1.1.3.1. Ciclo de vida de la concha de abanico:

El ciclo de vida de una carcasa de hélice consta de 4 etapas: huevo, larva, joven y viejo. El estadio de la larva es plancton y tiene tres estadios: trocófiro (larva peluda con flagelos), phylliger (con velo u órgano flotante) y el estadio pedófilo, que se caracteriza por la división del disco, y las patas sirven para adherirse al sustrato (Cotrina et. al, 2019)

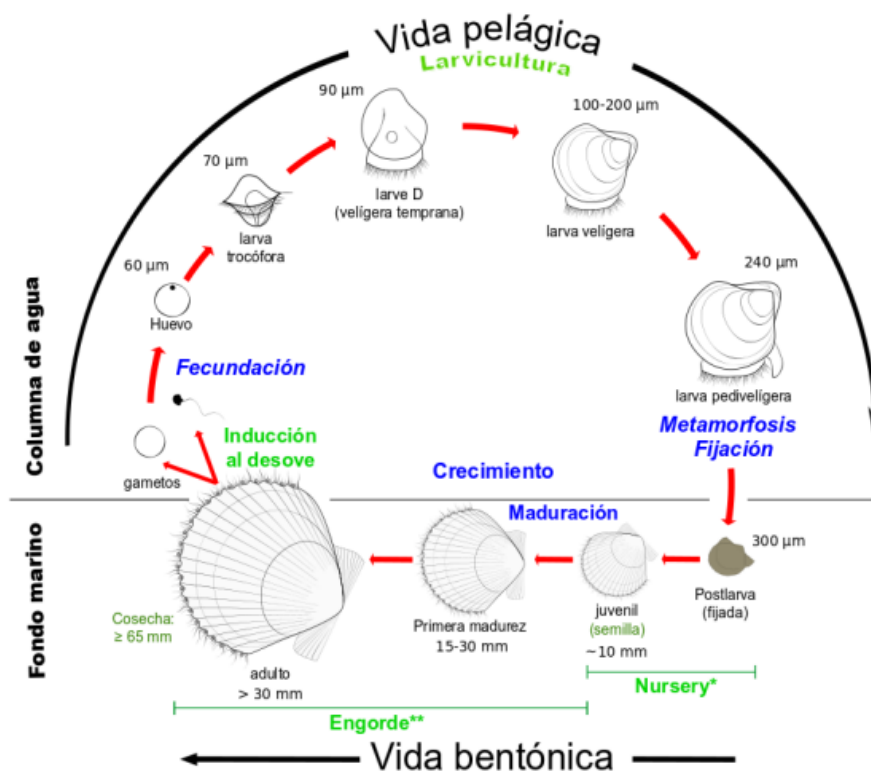


Figura 2. Ciclo de vida de la concha de abanico

1.1.3.1.1. Composición morfológica de la concha de abanico:

a. Morfología externa:

El cuerpo blando está protegido por dos valvas laterales de carbonato de calcio son casi circulares excepto por el borde dorsal que es recto y se unen por medio de la charnella. Es inequivalva (valvas diferentes); la derecha es de mayor convexidad que la izquierda o superior, ambos presentan expansiones laterales denominadas orejas. El umbo tiene posición central y constituye la parte anterior del organismo. Desde el umbo se irradian costillas en número de 24 a 25. La valva derecha es de coloración más clara que la izquierda que es oscura. (Castañeda, 2019)

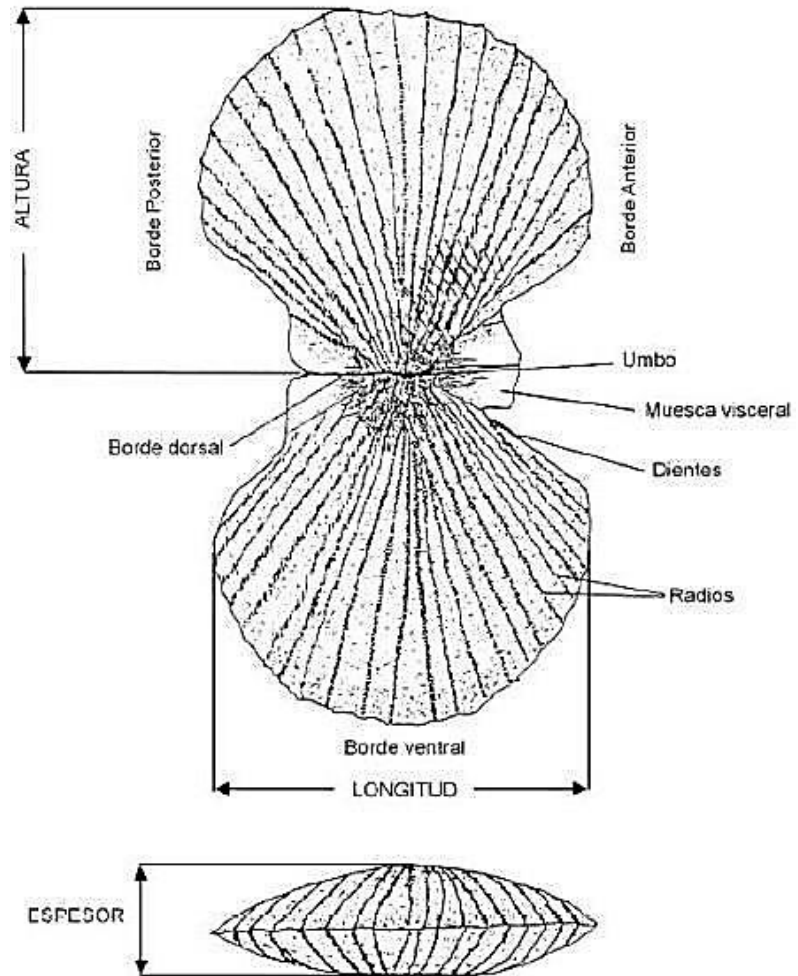


Figura 3. *Morfología externa de la concha de abanico*

b. Morfología interna. El manto:

Cubre a las partes blandas, consta de dos lóbulos, atravesados por vasos sanguíneos y nervios, su función redunda en la actividad respiratoria y en la segregación de la concha.

- **El pie:** Es pequeño y rudimentario, sirve para la fijación mediante el biso.
- **Branquias:** Las branquias a cada lado realizan la respiración y tienen dos láminas branquiales externa e interna cuya función es atrapar el material alimenticio.

- **Músculo aductor:** Posee un solo músculo aductor (carne blanca) está dividido en dos partes, una de fibras estriadas que da impulso a la actividad natatoria y la otra más pequeña de forma elíptica adosada a la primera, cuya función es cerrar las valvas. (Castañeda, 2019)
- **Gónada:** Se encuentra adosada al músculo aductor es sacciforme, voluminosa y turgente cuando se encuentra en la plenitud de la madurez, su consistencia, tamaño y coloración varía según la etapa en que se encuentra. La gónada masculina es de color lechoso y gónada femenina de color naranja.
- **Sistema Digestivo:** El tubo digestivo se inicia en los palpos labiales, que presentan surcos y cilios. El alimento es conducido hacia la boca por el movimiento de los cilios, continúa hacia el esófago donde se mezcla, sigue por el intestino enrollado, por el recto y termina en el ano (Castañeda, 2019).

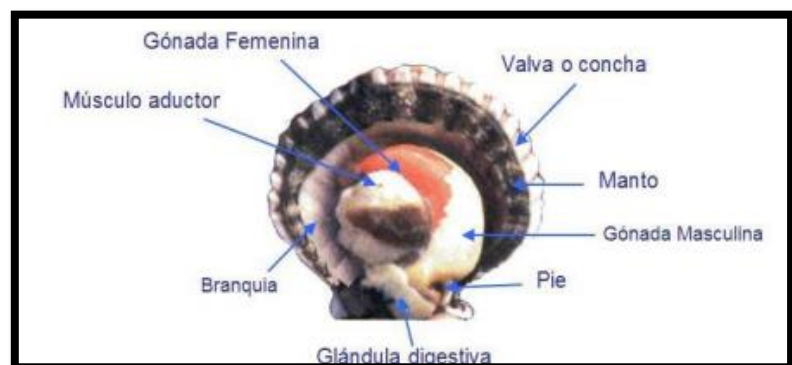


Figura 4. Morfología interna de la concha de abanico

c. Componente Químico de las Conchas de Abanico

(%):

La composición química principal es el carbonato de calcio, que es una tercera sustancia, lo que significa que está formado por tres elementos diferentes: calcio, carbono y oxígeno; Representado por la fórmula química

Carbonato de Calcio $CaCO_3$. Esta sustancia es abundante en la naturaleza ya que es el constituyente principal de algunas rocas, así como de los esqueletos y conchas de algunos organismos como corales y conchas de abanico, con un nivel de pureza del 99,14%, constituyendo esta parte del calcio a partir de la mismísima Conquilla similar. La piedra caliza en comparación con la piedra caliza contiene 94-97% de carbonato de calcio, como la cáscara de huevo, 93,5%. (Cotrina et. al, 2019). Se permite limpiarlo, eliminar la turbidez, neutralizar la acidez y eliminar las impurezas.

Tabla 1 Componentes químicos de concha de abanico

MUESTRA	C	O	Na	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Mn	Fe	Zn	Sr	Mg
SSC	23	39	<0,1	0,3	0,9	0,1	0,1	1	<0,1	36	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1

Un nivel insuficiente de carbonato de calcio en el agua tratada hace que sea corrosiva y causará deterioro a los equipos y estructuras a menudo y mientras que no cumplan

los requisitos de calidad del agua potable, como los recomendados por la OMS (Organización Mundial de la Salud). El carbonato de calcio con propiedades única, puede ayudar a restablecer la estabilidad en procesos de tratamiento biológico mediante el refuerzo de la capacidad ácida y el fortalecimiento de la estructura de flóculos

d. Biofiltros:

Es un sistema compuesto por lechos filtrantes de grava, de diferentes dimensiones. Estos pueden ser anaerobios o aerobios, se nutren de agua residual. (Romero, 2014)

La filtración es un proceso físico que limpia un líquido que contiene sólidos en suspensión haciéndolo pasar a través de un medio poroso. La filtración suele ir seguida de los procesos de coagulación, floculación y sedimentación, lo que permite una buena eliminación de bacterias, color, turbidez e, indirectamente, algunos problemas de olor y sabor en el agua. Desde el punto de vista de la fuerza que provoca el flujo a través del medio filtrante, se puede clasificar en: gravedad, cuando el flujo se genera por gravedad, o presión, cuando el flujo se produce por diferencial. Presión antes y después del filtro, posiblemente debida a equipos de bombeo o diferencias de nivel, por ejemplo. Dependiendo de la tasa de filtración (índice de filtración), pueden ser lentas o biológicas, con tasas de filtración que van de 0,08 a 0,6 m³/m²/h, o rápidas con

tasas. (Cotrina, Farfan, Flores y Tesen, 2019)

e. Lechos Filtrantes:

Es un sistema en el que el agua se obtiene mediante un filtro integrado en el lecho del curso de agua, sistema que interactúa con el filtro biológico y permite una mayor eficiencia en la obtención de agua de calidad. Óptimamente, las tuberías de PVC se utilizan típicamente para la captura de flujo. Los materiales utilizados en el filtro deben variar desde el material más grueso del fondo del sistema hasta la grava de diámetro más pequeño. (Machuca, 2014)

f. Granulometría:

Se define como el volumen de una sustancia apropiada utilizada, medido en una escala de tamaño de partículas con fines analíticos, y los tamices se utilizan generalmente para obtener partículas con medidas más precisas. (Sanchez, 2013)

g. Adsorción:

Es un proceso físico-químico que consiste en separar ciertos componentes de una solución líquida transfiriéndolos a la superficie de un material absorbente; La adsorción es un método muy eficaz para tratar el agua contaminada.

Metales pesados, así como para recuperar este elemento y deshacerse de sustancias peligrosas para la salud humana. (Gamarra y Portal, 2018)

h. Desendurecimiento por descarbonatación con cal

Cuando un agua es dura (fuerte grado hidrotimétrico) y presenta además un grado alcalimétrico completo (TAC) elevado, puede desendurecerse por descarbonatación con cal. Esta descarbonatación puede efectuarse: (Orellana, 2005)

- De forma catalítica, si no es necesario realizar una clarificación simultánea y si el contenido de magnesio es bajo.
- En un decantador, en los casos restantes Se utiliza, como reactivo de clarificación, cloruro férrico. El sulfato de alúmina, al pH del tratamiento, daría lugar a una solubilización de la alúmina que podría flocular mas adelante. En este tratamiento, y por las mismas razones indicadas anteriormente, es necesario, en el caso de un agua potable:
- Descarbonatar solo una parte del caudal y mezclada con el resto que, eventualmente deberá ser también clarificado.
- Descarbonatar parcialmente el agua al mismo tiempo que se clarifica. Se observa, en este caso, que es necesario adoptar en los decantadores velocidades

ascensionales tanto menores cuanto menos completa esta descarbonatación. Además el pH puede ser demasiado elevado, siendo necesario corregirlo. En el caso de agua con mucha dureza permanente, puede combinarse una descarbonatación con cal con un desendurecimiento con carbonato sódico, con lo que se consigue, después de alcanzar el TAC mínimo, precipitar el calcio de los sulfatos y cloruros y reducir el hierro total (TH). Para que el agua sea agradable para la bebida, debe contener un cierto TAC, por lo que se mezcla con una porción de agua no descarbonatada. (Orellana, 2005)

1.1.4. La importancia del tratamiento del agua

El agua es el recurso básico para garantizar la vida de todos los seres vivos del planeta. El acceso a agua, saneamiento e higiene es un derecho fundamental, y sin embargo, miles de millones de personas de todo el mundo siguen enfrentándose a diario a enormes dificultades para acceder a los servicios más básicos. (ACCIONA, 2020)

1.1.4.1. Problemas para acceder a recursos hídricos

Aunque 2 100 millones de personas han conseguido acceso a mejores condiciones de agua y saneamiento desde 1 990, la decreciente disponibilidad de agua potable de calidad es un problema importante que aqueja a todos los continentes. Se estima que al menos 1 de cada 4 personas se verá afectada por escasez de agua para 2050. (ACCIONA, 2020)

1.1.4.2. Contaminación

El ser humano es el principal causante de la contaminación del agua. Más del 80% de las aguas residuales resultantes de la actividad humana se vierten en los ríos o en el mar sin ningún tipo de tratamiento de agua, lo que provoca su contaminación. (ACCIONA, 2020)

1.1.4.3. Escasez de agua

La escasez de agua es un problema que afecta a más del 40 % de la población mundial y se prevé que este porcentaje pueda aumentar debido en parte al calentamiento global y la desertificación. (ACCIONA, 2020)

1.1.5. Medio filtrante

Es un mecanismo físico que tiene el propósito de controlar el paso de los contaminantes. Los diferentes tipos de medios filtrantes se distinguen por su capacidad o habilidad de tolerar el paso de los contaminantes. La naturaleza del medio filtrante y la configuración del filtro se utilizan para determinar la eficiencia y el desempeño del filtro en la remoción de partículas, su capacidad de alojar contaminantes o la resistencia al flujo a través del filtro. (Martín y Salcedo 2011)

1.1.5.1. Tipos de medio filtrante

Medio Filtrante de Celulosa: El medio filtrante de celulosa o pulpa de madera ha sido utilizado en la filtración de motores desde el comienzo. Las fibras de celulosa son de forma irregular y tienen poros más pequeños. Los poros más pequeños del medio filtrante producen más resistencia al flujo, lo cual significa clasificaciones de eficiencia más baja. Las fibras de celulosa de la madera tienen forma y tamaño irregulares y pueden atrapar partículas contaminantes pequeñas mientras retienen una cantidad significativa de dichos contaminantes. (Martín y Salcedo 2011)

1.1.5.2. Medio Filtrante Sintético:

En este caso se intercalan fibras sintéticas o de vidrio soplado entre nilón y poliéster. Este medio filtrante se puede reforzar con alambre u otros tipos de respaldo. Las fibras del medio filtrante sintético son delgadas y lisas, lo cual produce menos restricción en comparación al medio filtrante de celulosa. La forma uniforme de las fibras permite a los ingenieros utilizar el medio filtrante con el tamaño y configuración de fibras apropiados para crear la trayectoria de flujo con la menor resistencia posible. El medio filtrante sintético tiende a capturar contaminante en toda la profundidad del medio, lo cual permite una mayor capacidad de retención de contaminante. Sus propiedades de flujo son excelentes y hay menos restricción de flujo o reducción de presión en este medio. (Martín y Salcedo 2011)

1.1.5.3. Medio Filtrante Combinado:

Algunas veces una situación requiere las características del medio filtrante de celulosa y las del medio filtrante sintético; por lo tanto, se combinan ambos. En este medio se usa celulosa como base y se le añade vidrio o fibras sintéticas para optimizar sus propiedades. Con el medio filtrante combinado (o medio filtrante mezclado), las características del medio filtrante de celulosa y del medio filtrante sintético se combinan para crear un medio que acomoda la eficiencia y la capacidad de retención de contaminante del filtro. También, se pueden combinar capas de celulosa y medios sintéticos para aumentar la eficiencia de extracción y la capacidad de retención de contaminantes. (Martín y Salcedo 2011)

Características del medio filtrante. Entre las características del medio filtrante que influyen en la filtración, se destacan:

- El tipo del medio filtrante.
- El tamaño efectivo del material filtrante.
- El espesor de la capa filtrante.

1.1.5.3.1. Tipo de medio filtrante

El tipo de medio filtrante debe seleccionarse basándose en la calidad que se desea para el agua filtrada. Adicionalmente, también debe tenerse en cuenta, la duración de la carrera de filtración y la facilidad de lavado. Un medio filtrante ideal es aquel de una determinada granulometría y granos de un cierto peso específico, que requiere una cantidad mínima de agua para ser lavado específicamente y que es capaz de remover la mayor cantidad posible de partículas suspendidas, produciendo un efluente de buena calidad. (Cristóbal 2019)

1.1.5.3.2. Tamaño efectivo del material filtrante

Los materiales filtrantes se especifican sobre la base de por lo menos cuatro características:

- **Tamaño efectivo (Te):** En relación al porcentaje (en peso) que pasa por las mallas de una serie granulométrica, el tamaño efectivo se refiere al tamaño de granos correspondiente al porcentaje de 10 %. (Cristóbal 2019)
- **Coefficiente de uniformidad (Cu):** Con relación al porcentaje (en

peso) que pasa por las mallas de una serie granulométrica, el coeficiente de uniformidad es igual a la relación entre el tamaño de los granos correspondiente al 60 % y el tamaño de los granos correspondiente al 10 %. (Cristóbal 2019)

- Forma: La forma de los granos normalmente se evalúa en función del coeficiente de esfericidad (C_e), que es igual a la relación entre el diámetro de una esfera, de velocidad de sedimentación igual a la del grano considerado, y el tamaño medio de los granos entre dos mallas consecutivas de la serie granulométrica, entre las que se preparó el medio filtrante. (Cristóbal 2019)
- Peso específico (P_e): el peso específico del material es igual al peso de los granos dividido por el volumen efectivo que ocupa los granos. (Cristóbal 2019)

1.1.5.3.3. Espesor de las capas filtrantes

La operación ideal de un filtro es aquella en que la pérdida de carga máxima se produce en el mismo instante en que el efluente presenta la turbiedad límite, la pérdida de la carga y la turbidez del efluente se encuentra en función de la duración de la carrera de filtración y del espesor del medio filtrante, para una determinada tasa de filtración, turbiedad límite fijada, pérdida de carga límite fijada, e invariables las demás características de la suspensión y del medio filtrante. (Cristóbal 2019)

1.1.6. Filtración

La filtración consiste en la remoción de partículas suspendidas y coloidales presentes en una suspensión acuosa que escurre a través de un medio poroso. En general la filtración es la operación final que se realiza en una planta de tratamiento de agua y por consiguiente, es la responsable principal de la producción de agua de calidad coincidente con los patrones de potabilidad. (Cristóbal 2019)

1.1.6.1. Filtro cerámico purificador de agua

Recurso técnico mediante el cual el agua puede ser clarificada, purificada o descontaminada, a fin de hacerla apta para el consumo humano o animal (potable). En general consiste en un mecanismo o instrumento capaz de hacer pasar el líquido a través de un sólido provisto de diminutos orificios o poros, capaces de retener o no dejar pasar partículas e impurezas extrañas, tanto ellas sean tóxicas como no tóxicas o inocuas. (Ludeña y Tinoco, 2010)

1.1.6.1.1. Aplicaciones

Actualmente el filtro cerámico está siendo usado como una alternativa en poblaciones de países como Camboya, Argentina, Honduras y Guatemala, en donde no tienen acceso al agua potable. También en la Industria Cerámica, para la purificación de aguas contaminadas mediante el proceso de filtrado. Incluso se lo utiliza en aguas residuales para disminuir los niveles de metales pesados, sustancias tóxicas y microorganismos que pudieran causar daño a la salud de las personas. (Ludeña y Tinoco, 2010)

1.1.6.1.2. Ventajas

- El uso de este filtro reduce la incidencia de diarrea y cólera

hasta un 50 %.

- No cambia el sabor del agua como lo hacen algunos filtros.
- A causa del uso mejora la calidad de vida en las familias.
- Genera un ahorro en consumo de combustibles como el gas o leña al hervir el agua. (Ludeña y Tinoco, 2010)

1.1.6.2. Desarrollo de un filtro cerámico purificador de agua

1.1.6.2.1. Materias primas plásticas

a. Arcilla Roja

La arcilla roja es, posiblemente, la más conocida y más utilizada de todas las arcillas ya que es fácil de conseguir por su abundancia. Su composición es muy similar a la de la arcilla verde pero la roja tiene un mayor contenido de óxidos e hidróxidos de hierro, de ahí su color rojo. Contiene silicato de aluminio y silicato de magnesio; es así que, se hace plástica cuando se humedece, dura y semejante a la roca cuando se cuece. (Ludeña y Tinoco, 2010)

- **Propiedades:** Mediante la adición de una cierta cantidad de agua, la arcilla puede adquirir la forma que se desee. Esto puede ser debido a la figura del grano (cuanto más pequeña y aplanada), la atracción química entre las partículas, la materia carbonosa así como una cantidad adecuada de materia orgánica.
 - **Contracción:** Debido a la evaporación del agua contenida en la pasta se produce un encogimiento durante el secado.

- **Refractariedad:** Todas las arcillas son refractarias, es decir, resisten los aumentos de temperatura sin sufrir variaciones en su forma original, aunque cada tipo de arcilla tiene una temperatura de cocción diferente.
 - **Porosidad:** Esta depende de la consistencia más o menos compacta que adopta el cuerpo cerámico después de la cocción. Las arcillas que se cuecen a baja temperatura tienen un índice más elevado de absorción puesto que son más porosas.
 - **Color:** Debido a la presencia en ella de óxido de hierro, su coloración es rojiza después de la cocción. (Ludeña y Tinoco, 2010)
- **Aplicaciones:** En general, los utensilios de cerámica se producen por plastificación de la arcilla con la adición de agua, de manera que pueda conformarse o moldearse por varios medios en el objeto deseado. De ahí que la arcilla roja por su gran plasticidad puede ser moldeada sin ninguna dificultad y por su coloración es muy usada para la producción de ladrillos y otros productos. (Ludeña y Tinoco, 2010)

1.1.6.2.2. Propiedades del filtro cerámico purificador de agua

a. Color

Antes de la cocción su color es gris, mientras que luego

de haber salido del horno, logra una coloración roja la misma que se debe a la presencia de óxidos de hierro contenidos en la arcilla roja. Esta coloración varía según las temperaturas a las cuales haya sido sometido el filtro. (Ludeña y Tinoco, 2010)

b. Porosidad

Es la propiedad más importante que posee el filtro cerámico, en vista que de ésta depende el flujo de filtración de agua. Dicha porosidad se obtiene por el aserrín presente en la mezcla y se produce cuando el filtro es sometido a temperaturas superiores a los 1 000 °C.

c. Absorción

La absorción de agua en el filtro, permite saber si éste cuenta con la porosidad suficiente como para obtener un flujo de agua eficiente, es decir, que el tiempo de filtrado no tarde demasiado. (Ludeña y Tinoco, 2010)

d. Filtración

Proceso técnico consistente en separar del agua determinadas sustancias que se hallan en suspensión, además, de otras que se encuentran en la solución, ya sean de origen orgánico como inorgánico o mineral. Dicho material filtrado puede ser atóxico o tóxico. En ocasiones es solo causa de turbidez y de color, sabor u olor, por lo que debe ser retirado del agua para ser considerada potable. (Ludeña y Tinoco, 2010)

1.1.6.2.3. Proceso cerámico de obtención del filtro

a. Caracterización de materia prima

Previo a la elaboración del filtro, es necesario caracterizar las materias primas, principalmente la arcilla roja con la finalidad de conocer sus características físicas y así poder predecir posteriormente, parámetros como tiempo de molienda, hasta llegar a la granulometría óptima en pasta y contracción total, entre otros. (Ludeña y Tinoco, 2010)

b. Tratamiento de materia prima

En el caso de que se trabaje con grandes lotes de arcilla roja, ésta necesita ser completamente homogenizada. En cuanto, al aserrín debe poseer una granulometría mediana, así como también se deben retirar las partículas ajenas a la misma. (Ludeña y Tinoco, 2010)

c. Dosificación

La dosificación se realiza habitualmente en molinos de bolas, teniendo en cuenta el porcentaje específico de arcilla roja, aserrín y agua para así obtener una pasta con propiedades tales que permita seguir con el proceso de elaboración del filtro. (Ludeña y Tinoco, 2010)

d. Molienda de materia prima

La molienda es la última etapa del proceso de conminación, en esta etapa las partículas se reducen de tamaño por una combinación de impacto y abrasión ya sea en seco o como una suspensión en agua.

La molienda se realiza en molinos que giran alrededor de su eje horizontal y que contienen una carga de cuerpos sueltos de molienda conocidos como "medios de molienda", los cuales están libres para moverse a medida que el molino gira produciendo la conminación de las partículas de mena. En el proceso de molienda, partículas de 5 a 250 mm son reducidas en tamaño a 10 - 300 micrones, aproximadamente, dependiendo del tipo de operación que se realice. (Ludeña y Tinoco, 2010)

e. Secado de la barbotina

El proceso de secado de la barbotina se lo realiza con la finalidad de retirar el agua presente en la misma, con ello conseguir una pasta consistente y por ende moldeable que permita la formación de los especímenes. Se lo puede realizar de manera natural o artificial, con el fin de acelerar el proceso. Dentro de lo cual se puede mencionar que el yeso por contenido de sulfato de calcio se constituye en una excelente opción utilizada en cerámica para retirar la humedad de la barbotina. (Ludeña y Tinoco, 2010)

1.1.6.2.4. Formación del filtro cerámico

a. Formación por el método del roller

El roller es una máquina que opera haciendo girar la pieza varias veces, de acuerdo a las características de la misma y siguiendo el perfil de una plantilla que reproduce

el perfil de la pieza. El roller se utiliza para el torneado de aquellas piezas que tienen diferentes escalones de diámetros; posee un motor y un cabezal rotatorio que se lo calibra manualmente de acuerdo al espesor que se necesite.

Para llevar a cabo éste proceso, se ubica la pasta previamente tratada (homogenizada) en el molde o plantilla donde se va a formar la pieza, luego se procede a acercar el cabezal giratorio por unos segundos lo que permite un moldeado uniforme; finalmente, se retira con cuidado los filtros formados. (Ludeña y Tinoco, 2010)

1.1.6.2.5. Secado de filtros

El secado o remoción de agua de las piezas cerámicas se lo realiza al ambiente o en secaderos artificiales, con el fin de que estén aptas para su ingreso al horno. En el proceso de secado, el agua casi siempre se elimina en forma de vapor con aire. (Ludeña y Tinoco, 2010)

1.2. Formulación del problema

¿El material absorbente elaborado a partir de residuos calcáreos reciclados con matriz de cerámica disminuye la turbidez y metales pesados de las aguas del río Moche - La Libertad 2022?

1.3. Objetivos

Objetivo General

- Elaborar el material absorbente a partir de residuos calcáreos reciclados con matriz de cerámica en la disminución de turbidez y metales pesados del río Moche - La Libertad 2022.

Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización físicoquímica de la arcilla y residuos calcáreos de *Argopecten purpuratus*, para la elaboración del material absorbente.
- Comparar las concentraciones de turbidez, cobre, hierro y plomo, antes y después del tratamiento con el material absorbente en las aguas del río Moche - La Libertad 2022.
- Determinar el porcentaje de residuos calcáreos de *Argopecten purpuratus* y la temperatura de calcinación del material absorbente, con la cual se obtiene el mayor de remoción de turbidez, cobre, hierro y plomo.
- Determinar el porcentaje de remoción de la turbiedad, hierro, plomo y cobre después del tratamiento en las aguas del río Moche.
- Comparar los resultados obtenidos después del tratamiento con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

1.4. Hipótesis

H₁: El material absorbente elaborado a partir de residuos calcáreos reciclados con matriz de cerámica disminuye la turbidez y metales pesados de las aguas del río Moche - La Libertad 2022.

H₀: El material absorbente elaborado a partir de residuos calcáreos reciclados con matriz de cerámica no disminuye la turbidez y metales pesados de las aguas del río Moche - La Libertad 2022.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Población es el cuerpo receptor de agua, río Moche – La Libertad; y la muestra estuvo constituida por 30 muestras (litros) de agua recolectadas adecuadamente que sirvieron para realizar los ensayos de turbidez y metales pesados. El tipo de investigación fue **experimental** – **cuasiexperimental** y se utilizó una técnica de muestreo **no probabilístico** porque se seleccionó las unidades que fueron de muestra en base al conocimiento, juicio profesional y estudios ya realizados.

Para la investigación se utilizó la técnica de la **observación**, la cual se entiende como el conjunto de cuestiones respecto de una o diferentes variables a analizar. (Hernández, 2014). Se eligió la **ficha de recopilación de datos** como instrumento de recolección, la cual se utilizó para registrar los datos obtenidos de los ensayos referentes a la problemática en estudio.

Tabla 2

Ficha de recolección de datos de muestra de agua

INVESTIGADOR:

PROYECTO:

MUESTRA:

ENSAYO

TURBIDEZ (UNT)

HIERRO (mg/L)

PLOMO (mg/L)

COBRE (mg/L)

La validez estuvo relacionada con el grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir; es por ello, el proyecto de investigación fue validado por el juicio de especialistas, que consistió en validar los instrumentos que se aplicaron en el desarrollo de los ensayos, y a través de la obtención de las firmas de los especialistas en el tema, se dará mayor consistencia a los instrumentos propuestos. (Hernández, 2014)

El procedimiento que se siguió fue el siguiente:

1° Primero se inició con la obtención de las materias primas:

- ✓ La arcilla estudiada se obtuvo de una cantera ubicada en la zona de Huamachuco para luego ser llevada al laboratorio en forma de bloques, para una más fácil transportación; se eligió ese tipo de arcilla debido a su alta pureza en caolín blanco. Para la investigación se recolectó cerca de 20 kg de arcilla; en el laboratorio se procedió a triturar por medio de una

chancadora, para después pasarlo al molino de bolas por 4 horas y finalizar tamizando la arcilla por la malla N°100 para que el material sea fino y pueda tener trabajabilidad.

- ✓ La *argopecten purpuratus* fueron obtenidas de los desperdicios de restaurantes marinos de la zona. El primer paso fue la limpieza y eliminación del olor; para ello, se extrajeron trozos de carne u otros elementos ajenos mediante un lavado con abundante agua. El siguiente paso consistió en dejarlas en remojo por un plazo de 1 semana y cambiando el agua cada dos días. Finalmente, se dejaron secar a temperatura ambiente durante un periodo de 1 semana, moviéndolas para que toda su superficie recibiera el calor de la luz solar.
- ✓ Las muestras de agua fueron extraídas del río Moche utilizando recipientes de plástico con boca ancha; debido a que la demanda fue alta, se necesitó de baldes grandes los cuales se encontraban limpios y secos para evitar la contaminación; además, de estar debidamente rotulados para cada agua muestreada. El muestreo se realizó primero dividiendo imaginariamente el ancho del río en 3 partes, luego se tomó en cada sección una muestra sumergiendo el envase a unos 20 cm por debajo de la superficie; en donde la mezcla de ellas conformaron una muestra íntegra; teniendo en cuenta de evitar las áreas de turbulencia excesiva.

2° Para la caracterización se realizaron los siguientes ensayos:

Para la arcilla: se inicio con el ensayo de análisis granulométrico por hidrometría según la norma ASTM D422, el cual consiste en realizar primero el lavado por la malla numero 200 para la eliminación de finos (arcillas y limos). Se pesa aproximadamente 500gr y se comienza a lavar

a chorro con la yema de los dedos y a través del agua fluyendo eliminar todo signo de material fino. El material que quede encima de la malla se considera material granular; el ensayo de granulometría según la norma ASTM D422, consiste primero en pesar las mallas vacías, luego agregar el material sobre las mallas previamente ordenadas como establece la normativa y se realiza el tamizado agitando por 5 minutos; pasado el tiempo se separa cada malla y se pesa con su material retenido; el ensayo de humedad según la norma NPT 339.127 el cual consistió primero en tomar el peso del recipiente de acero, dicho valor sería el peso del recipiente vacío o peso de la tara. Posteriormente, se colocó una parte de la muestra de arcilla y se toma el dato el cual es el peso del recipiente más la muestra húmeda. Luego, se colocó en la estufa a $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$ de precisión durante 16 horas como mínimo pasado ese tiempo se extrae la muestra y se coloca en desecador para que enfríe mientras se evita ganar nuevamente la humedad del ambiente para finalizar con el peso final el cual es el último dato que es el peso del recipiente con la muestra seca. Dichos pesos sirven para calcular la humedad natural del suelo y por último el ensayo de límites de consistencia según la norma NTP 339.129 dividido en 2 ensayos antes los cuales son Límite Líquido el cual consistió en utilizar la cuchara de Casa Grande calibrada, arcilla tamizada por la malla número 40 totalmente seco y se le agrega el agua con una piseta a consideración del investigador hasta que tenga una consistencia, luego la mezcla se colocó sobre la cuchara y con un ranurador se separa en dos partes, seguido se comienza a golpear la cúpula de la base en un rango mínimo de 15 golpes y un máximo de 35; para ello se realizaran tres veces dicho ensayo. Si el número de golpes es

menor a 15 entonces la muestra es muy fluida lo que se recomienda agregarle más suelo preparado en estado seco; si la muestra no se un centímetro y se ha sobrepasado los 35 golpes se coloca más agua a la mezcla; cuando ya tenga unida 1 cm de suelo se coloca sobre un recipiente metálico de acero inoxidable y se realizó el mismo procedimiento que el ensayo de humedad; es decir, se pesa el recipiente vacío, luego la muestra que se agrega al recipiente es la unión de la muestra, luego se pesó y se vuelve a colocar en la estufa a 110° y después de 16 horas se retiró y se volvió a pesar el peso del recipiente con la muestra. Se determina la humedad por cada número de golpes, teniendo un total de 3 humedades y 3 números de golpes y se grafica en la carta de plasticidad de Casa Grande; por último, el límite líquido se calcula a 25 golpes buscando la línea tendencia, la cual será la humedad y se convertirá en el límite líquido; por último el Límite Plástico similar al límite líquido, se utilizó la arcilla tamizada por la malla número 40 totalmente seco y se le agrega agua hasta que tenga una consistencia plástica, luego se forman esferas de aproximadamente 1 cm de diámetro con la palma de la mano, luego se van amasando sobre una superficie lisa o sobre la mano totalmente seca para evitar la fricción no adherencia y se comienzan a formar varillas de aproximadamente 20 cm de largo y 3 mm de diámetro; una vez llegada a esas características por fricción la varilla se debe haber secado y fisurado. Teniendo las porciones de la varilla se colocan tres recipientes de secado o lata de secado para determinar su contenido de humedad; y continuando el mismo procedimiento del ensayo de humedad.

- ✓ Para los residuos calcáreos se realizó análisis químico por dispersión de

Energía de Rayos X.

- ✓ Para el agua se le realizaron los ensayos de calidad; para la determinación de turbidez según la norma ISO 7027, determinación del plomo, determinación de hierro y determinación del cobre.
- ✓ La turbidez y metales pesados fueron determinados mediante medición haciendo uso de un equipo multiparámetro con sensores calibrados. Consistió en usar vasos de precipitados limpios y secos de 250 ml, para colocar la muestra de agua que se pretendía medir, luego se colocó el multiparámetro dentro del vaso precipitado, se espera 5 min que se estabilice el sensor y se tomó la lectura de la propiedad específica.

3° Luego, se elaboró el material absorbente con 25 %, 50 % y 75 % de residuos calcáreos con arcilla de forma esférica de 1 cm de diámetro dejándose secar primero 7 días a temperatura ambiente y luego en estufa a 110 °C. Luego, del secado se calcinó a las temperaturas de 700 °C, 800 °C y 900 °C. Se elaboraron 3000 esferas ya que se utilizaron 100 unidades por cada muestra a analizar de agua. Para ello, se utilizó la siguiente proporciones en peso.

Tabla 3

Dosificación del material absorbente antes de entrar al horno.

% de Reemplazo	Arcilla seca	Agua	Conchas de abanico
	G	g	g
0	1000	150	0
25	750	150	250
50	500	150	500
75	250	150	750

- ✓ Se colocó en los vasos precipitados de 1 L de agua de río Moche con los filtros de matriz cerámica con residuos calcáreos en el equipo de prueba de jarras para el ensayo de floculación a 100 rpm por 30 min. Para finalizar, se hicieron los cálculos de disminución de turbidez y metales pesados.

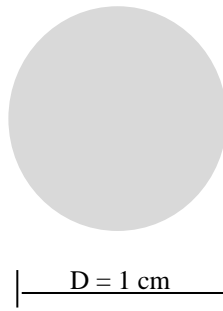


Figura 5. Esquematización de los filtros

Con los análisis realizados en el laboratorio de Materiales Cerámicos de la Universidad Nacional de Trujillo, se obtuvieron datos, los cuales fueron ingresados en el programa Ms Excel con la finalidad de generar gráficos y tablas. Con respecto al procedimiento de contrastación de las hipótesis planteadas y obtener las conclusiones, se utilizó la prueba de ANOVA (Análisis de la Varianza).

Dicho proyecto, se realiza con bastante responsabilidad, compromiso y teniendo en cuenta las experiencias y fuentes que brindan confianza de diferentes autores que realizaron estos trabajos, además, han sido validados por los resultados que obtuvieron, así tenemos: los libros, revistas científicas, artículos, boletines los cuales sirvieron de confiabilidad entre ellas: Scielo, repositorios, Google académico entre otros.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

A continuación, se representan los resultados de ensayos realizados en la presente investigación:

3.1. Caracterización de materia prima

En la tabla 4 se muestra los resultados de los ensayos de caracterización realizados a la arcilla, mediante el ensayo de granulometría por tamizado y sedimentación se logró determinar sus componentes. En este caso, se obtuvo 98 % de arcilla y 2 % de arena. Esto demuestra que, la arcilla de caolín blanco utilizada es pura.

Luego, del ensayo de límite líquido, se determinó que en promedio con 31,97 % de humedad la arcilla se encuentra en su límite líquido; luego, a través de la prueba de límite plástico se determinó que la humedad con la que la arcilla se comporta plásticamente es de 16,77 %.

El índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y plástico, este valor resultante fue de 15,20 % de humedad, dicha humedad es necesaria para el mezclado con las arcillas y la posterior formación de los filtros esféricos.

Tabla 4

Resultados de ensayos de caracterización de arcilla blanca

Característica	M1	M2	M3	Promedio
Humedad (%)	3,50	3,80	3,40	3,57
Límite plástico (%)	32,45	31,05	32,41	31,97
Límite líquido (%)	17,74	15,76	16,82	16,77
Índice de plasticidad (%)	14,71	15,29	15,59	15,20

Arcilla (%)	98,00	98,00	98,00	98,00
Arena (%)	2,00	2,00	2,00	2,00

Del análisis de composición química realizada a la muestra de residuos calcáreos a través de la energía de dispersión de rayos X. se logró determinar que el componente principal fue el óxido de calcio con 88,44 %, seguido de CO₂ y otros componentes sumados no relevantes. El óxido de calcio y su amorficidad y su capacidad de retener sólidos por eso el uso para la elaboración de filtros.

Además, de reaccionar con la sílice de la arcilla que le brinda mayor durabilidad y resistencia al agua.

Tabla 5

Resultados de composición química de residuos calcáreos

COMPUESTO	CANTIDAD (%)
SiO ₂	0,48
CaO	88,44
Al ₂ O ₃	0,20
Fe ₂ O ₃	0,16
MgO	1,35
CO ₂	6,94
Otros	2,43
Total	100,00

3.2. Resultados físicos y químicos de agua

En la siguiente tablas y figuras se mostrarán los resultados obtenidos de los ensayos físicoquímicos de las muestras de agua antes y después del tratamiento con el material absorbente.

Tabla 6

Resultados de la turbidez del agua antes y después del tratamiento con el material absorbente al 25 % de los residuos calcáreos

Agua patrón		71,05	71,15	72,14
Turbidez promedio (UNT)		71,45		
TURBIDEZ (UNT)		Temperatura (°C)		
	Repetición	700	800	900
Residuos calcáreos	1	58,45	35,48	26,84
	2	56,84	34,15	27,85
	3	57,84	33,84	23,84
25 %	PROM	57,71	34,49	26,18

Tabla 7

Resultados de la turbidez del agua antes y después del tratamiento con el material absorbente al 50 % de los residuos calcáreos

Agua patrón		71,05	71,15	72,14
Turbidez promedio (UNT)		71,45		

TURBIDEZ (UNT)		Temperatura (°C)			
		Repetición	700	800	900
Residuos calcáreos	50 %	1	45,15	24,51	19,84
		2	48,21	26,84	21,45
		3	47,19	27,41	22,74
		PROM	46,85	26,25	21,34

Tabla 8

Resultados de la turbidez del agua antes y después del tratamiento con el material absorbente al 75 % de los residuos calcáreos

Agua patrón		71,05	71,15	72,14	
Turbidez promedio (UNT)		71,45			
TURBIDEZ (UNT)		Temperatura (°C)			
		Repetición	700	800	900
Residuos calcáreos	75 %	1	55,14	35,48	23,95
		2	52,97	33,84	25,08
		3	53,47	34,05	24,15
		PROM	53,86	34,46	24,39

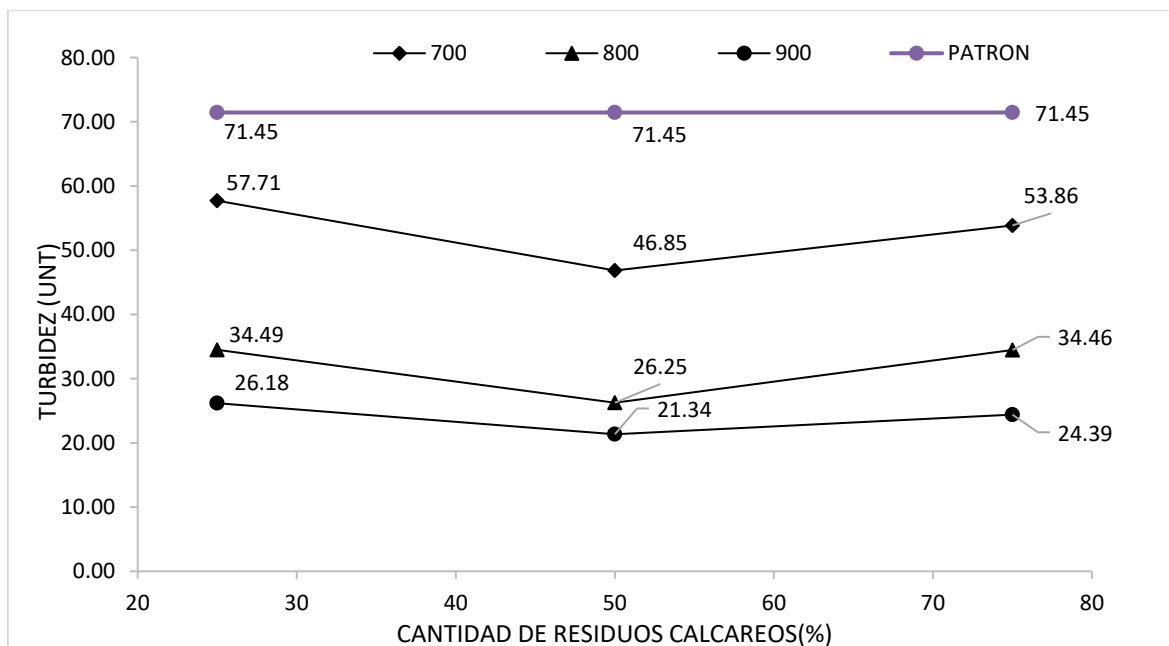


Figura 6. Resultados del ensayo de turbidez de agua sin y con tratamiento

De la figura 6 se puede observar y analizar que los valores de la turbidez de agua en el río Moche son de 71,45 UNT. Ahora, cuando las muestras de agua fueron sometidas a los filtros de arcillas con residuos calcáreos se puede decir que los valores de la turbidez fueron disminuidos.

El porcentaje de residuos calcáreos influye en la disminución de la turbidez, pero como se puede observar solamente hasta un 50 % mezclado con 50 % de arcilla, ya para el 75 % de residuos calcáreos los valores fueron superiores a los anteriormente mencionados

Ahora bien, comparando el efecto que tiene la temperatura de calcinación en la cantidad de disminución de la turbidez, los mejores valores se obtuvieron cuando las muestras de agua fueron tratadas con filtros calcinadas a 900 °C. Se destaca que el valor mínimo obtenido de la turbidez fue de 21,34 UNT para filtros que contienen 50 % de residuos calcáreos y calcinados a 900 °C.

Tabla 9

Resultados del hierro en el agua antes y después del tratamiento con el material

absorbente al 25 % de los residuos calcáreos

Agua patrón		2,54	274	2,61
Hierro promedio (mg/L)		2,63		
Hierro (mg/L)		Temperatura (°C)		
	Repetición	700	800	900
Residuos calcáreos	1	2,41	2,14	1,94
	2	2,41	2,12	2,01
	3	2,45	2,11	1,99
PROM		2,42	2,12	1,98

Tabla 10

Resultados del hierro en el agua antes y después del tratamiento con el material

absorbente al 50 % de los residuos calcáreos

Agua patrón		2,54	2,74	2,61
Hierro promedio (mg/L)		2,63		
Hierro (mg/L)		Temperatura (°C)		
	Repetición	700	800	900
Residuos calcáreos	1	1,45	1,05	0,82
	2	1,51	1,02	0,84

	3	1,48	1,09	0,85
	PROM	1,48	1,05	0,92

Tabla 11

Resultados del hierro en el agua antes y después del tratamiento con el material

absorbente al 75 % de los residuos calcáreos

Agua patrón		2,54	2,74	2,61
Hierro promedio (mg/L)		2,63		
Hierro (mg/L)		Temperatura (°C)		
	Repetición	700	800	900
	1	1,78	1,45	1,34
Residuos	2	1,79	1,51	1,28
calcáreos	3	1,82	1,48	1,34
	PROM	1,80	1,48	1,32

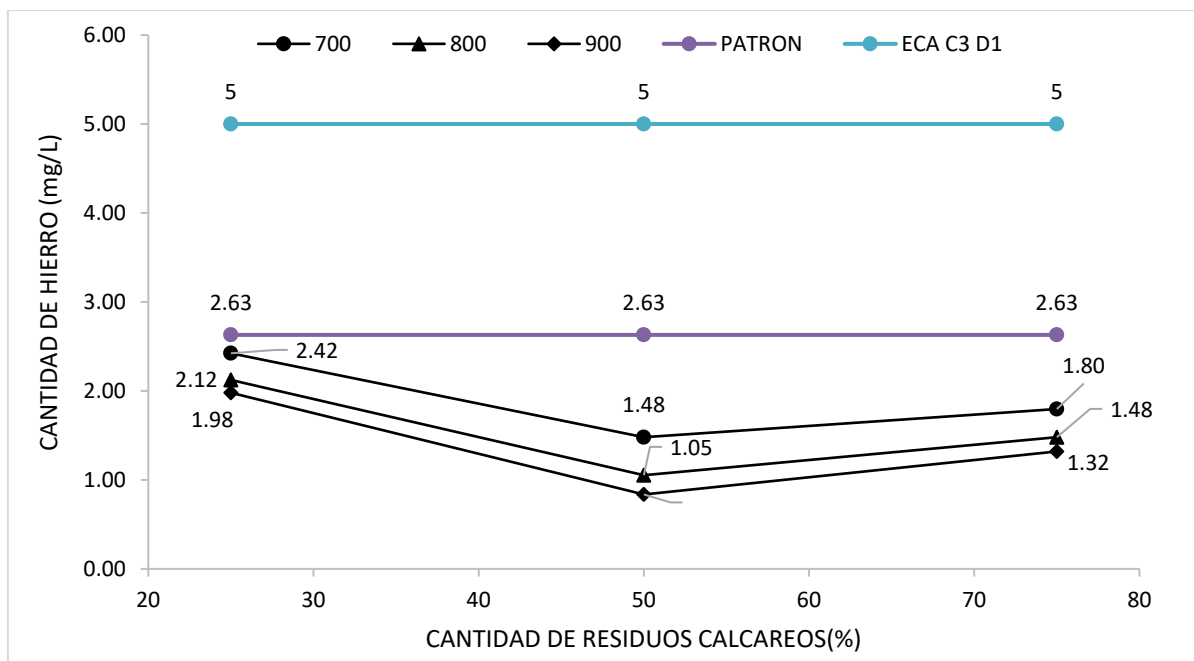


Figura 7. Resultados del ensayo de cantidad de hierro de agua sin y con tratamiento

Se puede observar en la figura 7 que al igual que en la turbidez los residuos calcáreos tienen la capacidad de disminuir la concentración de hierro presente en el agua. Donde la concentración inicial del agua es de 2,63 g/mL y el valor máximo permisible por la ECA es de 5 g/mL, por lo que se puede concluir que la concentración está debajo del límite permisible.

Ahora bien, las concentraciones de hierro en el agua disminuyeron conforme se fue incrementando la cantidad de residuos calcáreos hasta el 50 %, luego los valores de concentración de hierro aumentaron.

La tendencia con respecto a el efecto de la temperatura de cocción es la misma a mayor temperatura de tratamiento térmico, mejora la capacidad de retener metales pesados, por eso que las muestras a 900 °C obtuvieron mejores valores, es decir se obtuvieron las menores concentraciones de hierro en el agua.

Tabla 12

Resultados del plomo en el agua antes y después del tratamiento con el material

absorbente al 25 % de los residuos calcáreos

Agua patrón		0,120	0,140	0,120
Plomo promedio (mg/L)		0,127		
Plomo (mg/L)		Temperatura (°C)		
	Repetición	700	800	900
Residuos calcáreos	1	0,091	0,084	0,075
	2	0,092	0,082	0,074
	3	0,092	0,081	0,072
PROM		0,0917	0,0823	0,0737

Tabla 13

Resultados del plomo en el agua antes y después del tratamiento con el material

absorbente al 50 % de los residuos calcáreos

Agua patrón		0,120	0,140	0,120
Plomo promedio (mg/L)		0,127		
Plomo (mg/L)		Temperatura (°C)		
	Repetición	700	800	900
Residuos calcáreos	1	0,081	0,069	0,042
	2	0,082	0,074	0,041
	3	0,081	0,078	0,039

PROM 0,0813 0,0737 0,0407

Tabla 14

Resultados del plomo en el agua antes y después del tratamiento con el material absorbente al 75 % de los residuos calcáreos

Agua patrón		0,120	0,140	0,120
Plomo promedio (mg/L)		0,127		
Plomo (mg/L)		Temperatura (°C)		
	Repetición	700	800	900
Residuos calcáreos	1	0,094	0,084	0,057
	2	0,097	0,087	0,061
	3	0,092	0,089	0,056
	PROM	0,0943	0,0867	0,0580

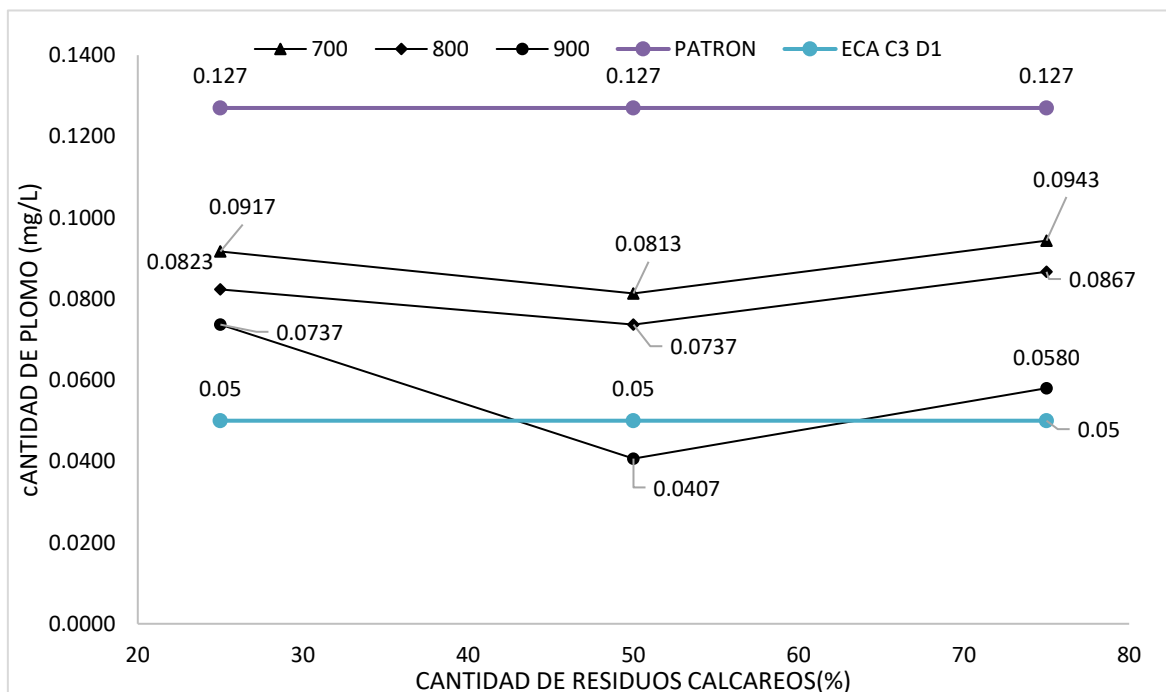


Figura 8. Resultados del ensayo de cantidad de plomo en el agua sin y con tratamiento

La figura 8 muestra los resultados obtenidos de los ensayos de concentración de plomo en las aguas del río Moche. La concentración de plomo de la muestra de agua patrón fue de 0,127 mg/L. Mientras que, el valor máximo permisible de concentración de plomo expuesto por ECA es de 0,05 mg/L; por lo que, la concentración de plomo en el agua de río Moche se encontró elevado en comparación con lo exigido por la normativa.

Los residuos calcáreos influyeron disminuyendo la concentración de plomo en el agua tratada en comparación a la muestra de agua patrón, con la relación 50 % arcilla y 50 % de residuos calcáreos. Se obtuvieron los mejores valores; es decir, lograron disminuir más la concentración de plomo. Ahora bien, el efecto de la temperatura también hizo disminuir la concentración de plomo, aquellos filtros que fueron calcinados a 900 °C lograron obtener las concentraciones más bajas, donde el valor más bajo fue de 0,0407 mg/L.

Tabla 15
Resultados del cobre en el agua antes y después del tratamiento con el material
absorbente al 25 % de los residuos calcáreos

Agua patrón		1,09	1,18	1,15	
Cobre promedio (mg/L)		1,140			
Cobre (mg/L)		Temperatura (°C)			
	Repetición	700	800	900	
Residuos	25 %	1	0,910	0,850	0,800
		2	0,910	0,810	0,780
		3	0,920	0,820	0,790
calcáreos	PROM	0,913	0,827	0,790	

Tabla 16
Resultados del cobre en el agua antes y después del tratamiento con el material
absorbente al 50 % de los residuos calcáreos

Agua patrón		1,09	1,18	1,15	
Cobre promedio (mg/L)		1,140			
Cobre (mg/L)		Temperatura (°C)			
	Repetición	700	800	900	
Residuos	50 %	1	0,820	0,710	0,560
		2	0,810	0,680	0,510
calcáreos					

	3	0,800	0,670	0,520
	PROM	0,810	0,687	0,530

Tabla 17

Resultados del cobre en el agua antes y después del tratamiento con el material

absorbente al 75 % de los residuos calcáreos

Agua patrón		1,09	1,18	1,15
Cobre promedio (mg/L)		1,140		
Cobre (mg/L)		Temperatura (°C)		
	Repetición	700	800	900
Residuos calcáreos	1	0,910	0,850	0,800
	2	0,890	0,870	0,790
	3	0,870	0,840	0,790
	PROM	0,890	0,853	0,793

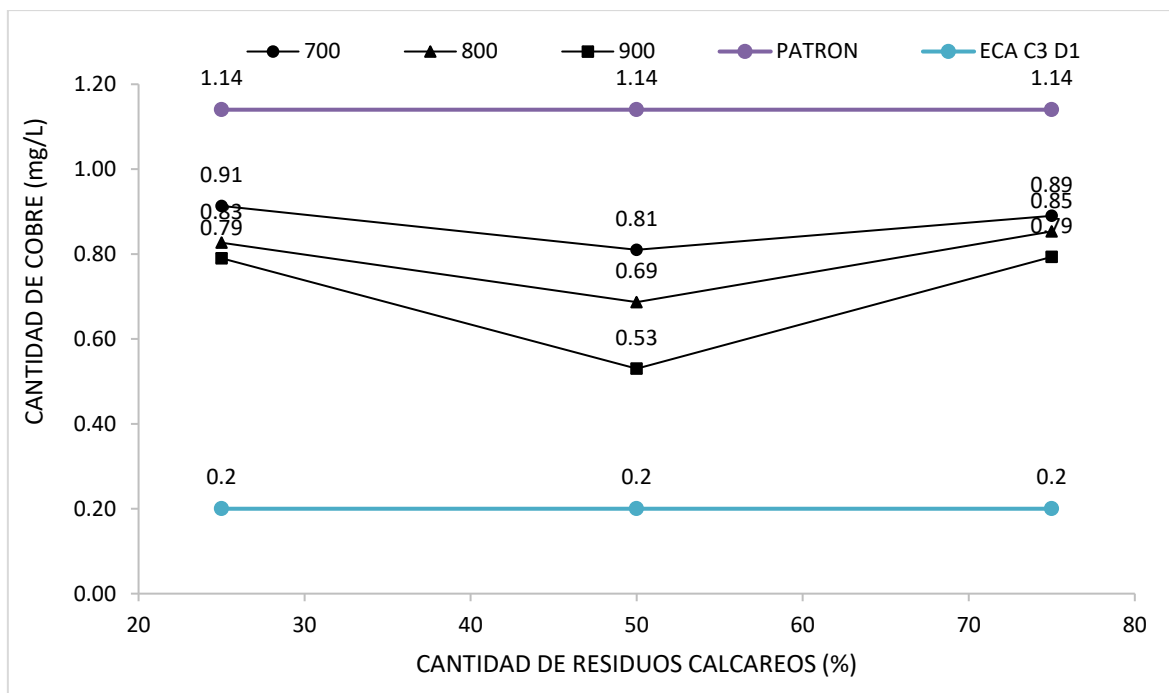


Figura 9. Resultados del ensayo de cantidad de cobre en el agua sin y con tratamiento.

Los resultados de los ensayos de concentración de cobre en el agua del río Moche patrón y con tratamiento se muestran en la tabla 8, y se grafica en la figura 9. Los valores obtenidos de las muestras patrón fueron de 1,14 mg/L, mientras lo que establece la ECA como valor máximo permisible es de 0,2 mg/L. Se puede decir que la concentración del cobre en el agua del río Moche se encuentra dentro de lo normalizado, pero el valor es cercano al máximo permisible. Mientras que, las concentraciones de cobre cuando el agua fue tratada con los filtros de arcilla – residuos calcáreos se obtuvieron valores menores; donde los más bajos se obtuvieron cuando los filtros fueron elaborados con 50 % de residuos calcáreos. Cuando la cantidad de residuos calcáreos fue incrementada a 75 %, los resultados de las concentraciones de cobre al igual que los otros metales pesados, no disminuyó tanto en comparación con los filtros con 50 % de residuos calcáreos. La temperatura de cocción también sigue siendo similar ya que a 900 °C de calcinación los filtros tienden a absorber más los metales pesados. Cabe recalcar que ninguno los valores se encuentran dentro del

límite máximo permisible y que el valor mínimo obtenido fue de 0,53 mg/l con filtros de arcilla con 50 % de RC y 900 °C de calcinación.

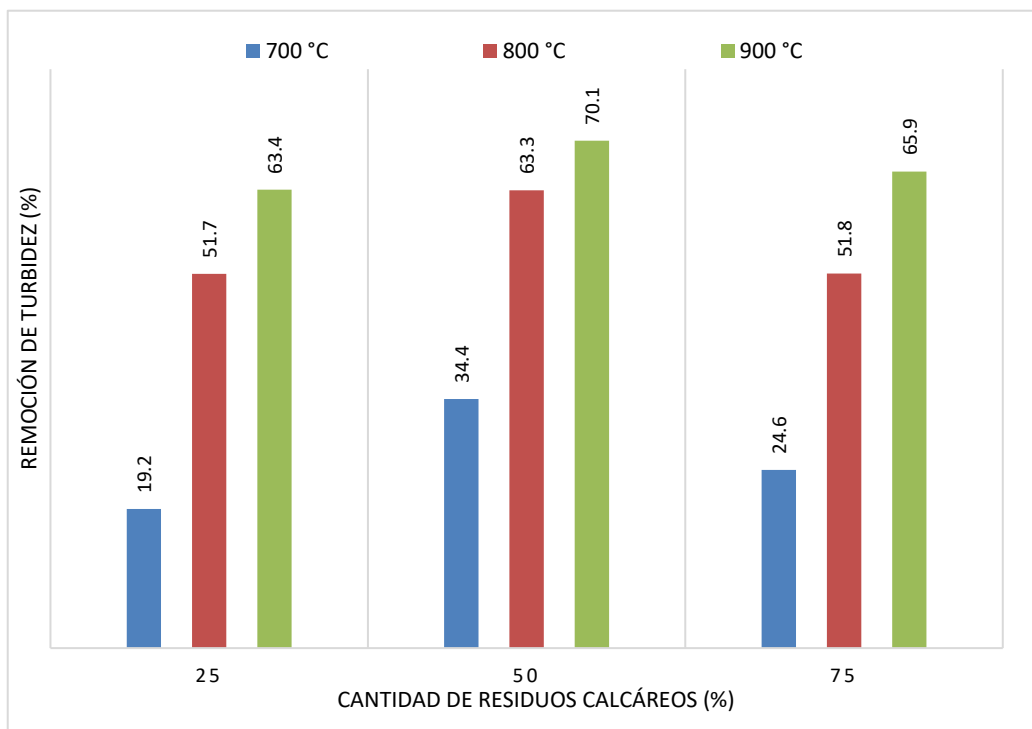


Figura 10. Porcentajes de remoción de la turbidez en el agua del río Moche

En la figura 10 se muestran los porcentajes de remoción de la turbidez del agua de río moche cuando fue tratada por filtros elaborados con matriz de arcilla con conchas de abanico y calcinados a 700, 800 y 900 °C.

El valor mínimo de remoción de la turbidez de agua fue de 19,2 %, cuando fueron tratados con filtros con 25 % de residuos calcáreos y tratados a 700 °C. Mientras que, el mayor porcentaje de remoción se obtuvo para los filtros con 50 % de residuos calcáreos y tratados a 900 °C.

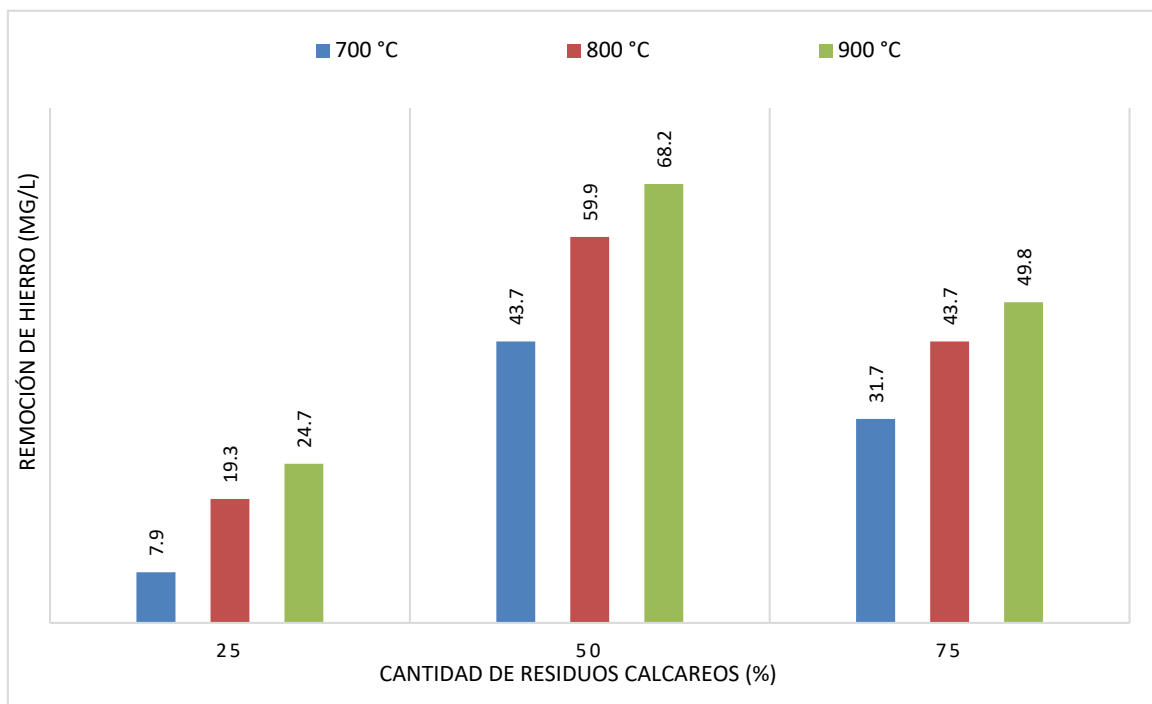


Figura 11. Porcentajes de remoción de hierro en el agua del río Moche

En la figura 11 se muestran los porcentajes de remoción de hierro en el agua de río Moche cuando fue tratada por filtros elaborados con matriz de arcilla con conchas de abanico y calcinados a 700, 800 y 900 °C.

El valor mínimo de remoción de hierro en el agua fue de 7,9 %, cuando fueron tratados con filtros con 25 % de residuos calcáreos y tratados a 700 °C. Mientras que, el mayor porcentaje de remoción (68.2 %) se obtuvo para los filtros con 50 % de residuos calcáreos y tratados a 900 °C.

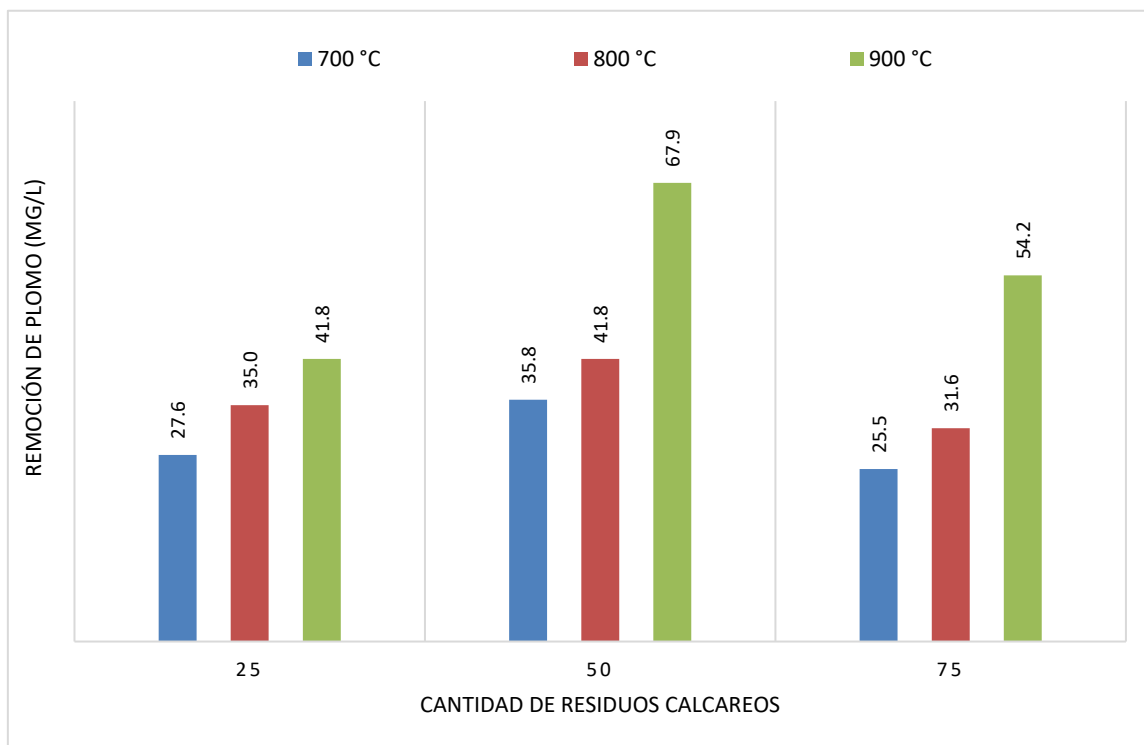


Figura 12. Porcentajes de remoción de plomo en el agua del río Moche

A continuación en la figura 12 se graficaron los resultados de los porcentajes de remoción de plomo en el agua del río Moche cuando fue tratada por filtros elaborados con matriz de arcilla con conchas de abanico y calcinados a 700, 800 y 900 °C.

El valor mínimo de remoción de plomo de agua fue de 27,6 %, cuando fueron tratados con filtros con 25 % de residuos calcáreos y tratados a 700 °C. Mientras que el mayor porcentaje de remoción (67,9 %) se obtuvo para los filtros con 50 % de residuos calcáreos y tratados a 900 °C.

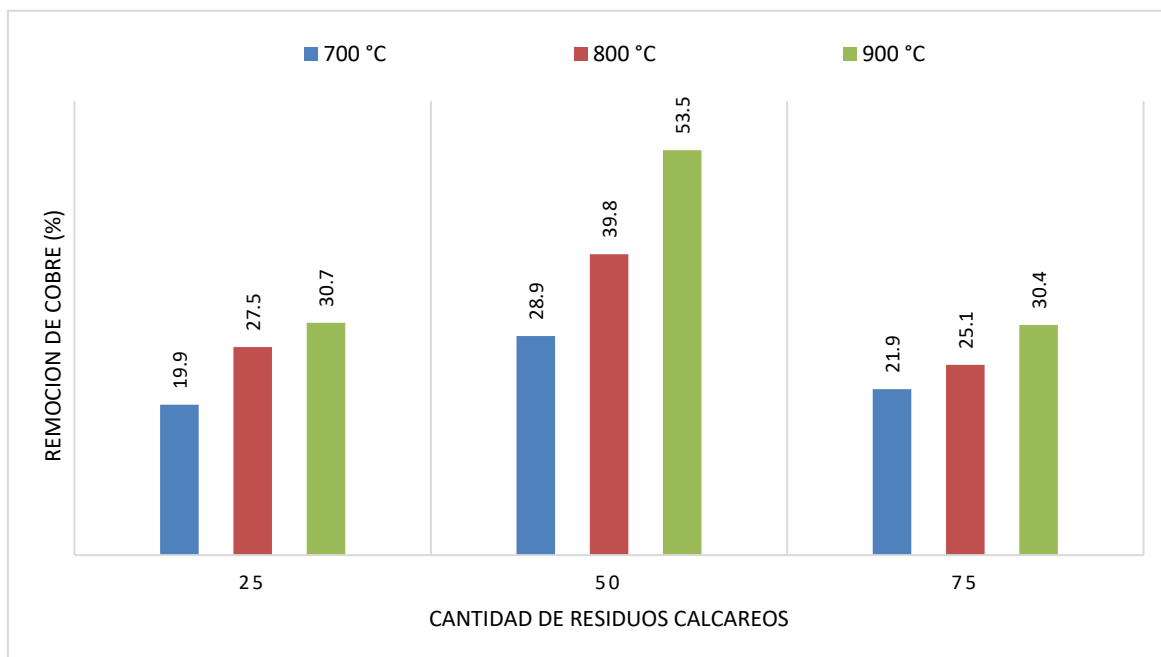


Figura 13. Porcentajes de remoción de cobre en el agua del río Moche

A continuación en la figura 13 se graficaron los resultados de los porcentajes de remoción de la concentración de cobre del agua de río Moche cuando fue tratada por filtros elaborados con matriz de arcilla con conchas de abanico y calcinados a 700, 800 y 900 °C.

El valor mínimo de remoción de cobre de agua fue de 19,9 %, cuando fueron tratados con filtros con 25 % de residuos calcáreos y tratados a 700 °C. Mientras que el mayor porcentaje de remoción (53,5 %) se obtuvo para los filtros con 50 % de residuos calcáreos y tratados a 900 °C.

Tabla 18
Análisis de varianza de dos factores del ensayo de Turbidez

RESUMEN	700	800	900	Total
<i>1</i>				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	173,13	103,47	78,53	355,13
Promedio	57,71	34,49	26,17666667	39,45888889
Varianza	0,6607	0,7591	4,350033333	201,7713361
<i>1</i>				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	140,55	78,76	64,03	283,34
Promedio	46,85	26,25333333	21,34333333	31,48222222
Varianza	2,4276	2,360633333	2,111033333	139,0899194
<i>1</i>				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	161,58	103,37	73,18	338,13
Promedio	53,86	34,45666667	24,39333333	37,57
Varianza	1,2913	0,796433333	0,363633333	168,8684
<i>Total</i>				
Cuenta	9	9	9	
Suma	475,26	285,6	215,74	
Promedio	52,80666667	31,73333333	23,97111111	
Varianza	23,832675	17,87135	6,186661111	

Tabla 19
Cuadro resumen de resultados de ANOVA del ensayo de Turbidez.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	312,768452	2	156,3842259	93,08297583	3,2181E-10	3,554557146
Columnas	4007,48021	2	2003,740104	1192,665632	7,4153E-20	3,554557146
Interacción	40,1161037	4	10,02902593	5,969474046	0,00307018	2,927744173
Dentro del grupo	30,2409333	18	1,680051852			
Total	4390,6057	26				

Tabla 20

Análisis de varianza de dos factores del ensayo de cantidad de hierro

RESUMEN	700	800	900	Total
<i>I</i>				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	7,27	6,37	5,94	19,58
Promedio	2,42333333	2,12333333	1,98	2,17555556
Varianza	0,00053333	0,00023333	0,0013	0,03890278
<i>I</i>				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	4,44	3,16	2,51	10,11
Promedio	1,48	1,05333333	0,83666667	1,12333333
Varianza	0,0009	0,00123333	0,00023333	0,08095
<i>I</i>				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	5,39	4,44	3,96	13,79
Promedio	1,79666667	1,48	1,32	1,53222222
Varianza	0,00043333	0,0009	0,0012	0,04476944
<i>Total</i>				
Cuenta	9	9	9	
Suma	17,1	13,97	12,41	
Promedio	1,9	1,55222222	1,37888889	
Varianza	0,173325	0,21819444	0,24773611	

Tabla 21
Cuadro resumen de resultados de ANOVA del ensayo de cantidad de hierro

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	5,06471852	2	2,53235926	3271,4689	8,8056E-24	3,55455715
Columnas	1,26765185	2	0,63382593	818,818182	2,1221E-18	3,55455715
Interacción	0,03539259	4	0,00884815	11,430622	8,5393E-05	2,92774417
Dentro del grupo	0,01393333	18	0,00077407			
Total	6,3816963	26				

Tabla 22
Análisis de varianza del ensayo de cantidad de plomo

RESUMEN	700	800	900	Total
<i>I</i>				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	0,275	0,247	0,221	0,743
Promedio	0,09166667	0,08233333	0,07366667	0,08255556
Varianza	3,3333E-07	2,3333E-06	2,3333E-06	6,2028E-05
<i>I</i>				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	0,244	0,221	0,122	0,587
Promedio	0,08133333	0,07366667	0,04066667	0,06522222
Varianza	3,3333E-07	2,0333E-05	2,3333E-06	0,00035594
<i>I</i>				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	0,283	0,26	0,174	0,717
Promedio	0,09433333	0,08666667	0,058	0,07966667
Varianza	6,3333E-06	6,3333E-06	7E-06	0,00028
<i>Total</i>				
Cuenta	9	9	9	
Suma	0,802	0,728	0,517	

Promedio	0,08911111	0,08088889	0,05744444
Varianza	3,7111E-05	4,0111E-05	0,00020728

Tabla 23

Cuadro resumen de resultados de ANOVA del ensayo de cantidad de plomo

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	0,0015523	2	0,00077615	146,545455	7,2689E-12	3,55455715
Columnas	0,00486007	2	0,00243004	458,818182	3,6098E-16	3,55455715
Interacción Dentro del grupo	0,00062837	4	0,00015709	29,6608392	1,0528E-07	2,92774417
	9,5333E-05	18	5,2963E-06			
Total	0,00713607	26				

Tabla 24

Análisis de varianza del ensayo de cantidad de cobre

RESUMEN	700	800	900	Total
<i>I</i>				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	2,74	2,48	2,37	7,59
Promedio	0,91333333	0,82666667	0,79	0,84333333
Varianza	3,3333E-05	0,00043333	0,0001	0,00315
<i>I</i>				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	2,43	2,06	1,59	6,08
Promedio	0,81	0,68666667	0,53	0,67555556
Varianza	1E-04	0,00043333	0,0007	0,01507778
<i>I</i>				
Cuenta	3	3	3	9
Suma	2,67	2,56	2,38	7,61
Promedio	0,89	0,85333333	0,79333333	0,84555556

Varianza	0,0004	0,00023333	3,3333E-05	0,00195278
<i>Total</i>				
Cuenta	9	9	9	
Suma	7,84	7,1	6,34	
Promedio	0,87111111	0,78888889	0,70444444	
Varianza	0,00233611	0,00628611	0,01732778	

Tabla 25

Cuadro resumen de resultados de ANOVA del ensayo de cantidad de cobre

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	0,17116296	2	0,085581481	312,256757	1,0629E-14	3,55455715
Columnas	0,12500741	2	0,062503704	228,054054	1,6389E-13	3,55455715
Interacción	0,0315037	4	0,007875926	28,7364865	1,3426E-07	2,92774417
Dentro del grupo	0,00493333	18	0,000274074			
Total	0,33260741	26				

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Las arcillas al ser calcinadas cambian su estructura caolinita y su reordenamiento atómico generando el incremento de las propiedades de la misma como es la resistencia al agua y así mismo incrementa su densificación. Es común que a mayor temperatura de calcinación un material de matriz arcillosa presente mayor estabilidad. Ahora bien, al introducir residuos calcáreos al filtro de matriz arcillosa, durante el tratamiento térmico se lleva a cabo la eliminación del material orgánico que presentan, tanto la arcilla como los residuos calcáreos, dejando así, espacios vacíos en su interior y en estos espacios vacíos se quedan atrapados los sólidos que contiene el agua.

Los residuos calcáreos también tienen la capacidad de atraer y retener entre sus moléculas a sólidos suspendidos en el agua y también, a metales pesados.

Aguilar, L. (2020), en su tesis evaluó las propiedades como son la turbidez, temperatura, pH y sólidos en suspensión del agua de entrada. Obteniendo así que, por efecto de la capacidad del prototipo de filtración lenta con conchas de abanico durante las 17 semanas de ensayo, los niveles de turbiedad, temperatura, pH y sólidos en suspensión del agua de salida del prototipo, variaron a 0,75 UNT; 17,0 °C; 7,0 y 0,9 mg/L de 14,5 UNT, 22,1 °C; 9,08 y 43 mg/l respectivamente, valores dentro del rango permisible. Los resultados de la presente investigación concuerdan en que los filtros a base de arcilla con conchas de abanico tienen efecto en la disminución de la turbidez del agua en este caso de 71,45 UNT a 21,34 UNT.

Alva, C. (2021), en su investigación propuso la aplicación del método de adsorción de metales pesados en agua con ayuda de pellets basados en conchas de abanico y quitina, como alternativa para la remoción de arsénico en agua. Dando como resultado que los pellets

con mejor porcentaje de adsorción y costo son los que contienen un 30 % de quitina y 70 % de conchas de abanico siendo capaces de remover el 21 % de arsénico en agua contaminada después de 90 minutos. Comparando con la presente investigación los filtros de arcilla con residuos calcáreos lograron disminuir la concentración de hierro, plomo y cobre. Los valores máximos de remoción se dieron cuando se usó 50 % de residuos calcáreos y cuando fueron calcinados a 900 °C.

Moreno, D y Risco T (2016), que investigaron determinaron que la importación del tamaño de partícula fue muy pequeña, esto explicó que a menor tamaño mayor área superficial de la valva que interaccionó con Cr^{3+} . La conclusión del estudio fue que la calcinación a 1 000 °C con el menor tamaño de partícula reduce mayor % de cromo. En la presente investigación también la temperatura de calcinación de los filtros tuvo influencia dentro de la disminución de la concentración de los metales pesados. La mejor temperatura de calcinación con la que se obtuvo mejores valores fue de 900 °C.

4.2. Conclusiones

- Se logró elaborar el material absorbente en forma de pellets de matriz cerámica con distintas proporciones de residuos calcáreos y calcinados a 700, 800 y 900 °C. Se determinó que tienen una influencia significativa en la disminución de la turbidez y la concentración de los metales pesados.
- Se caracterizó de forma física y química la materia prima (matriz de cerámica y residuos calcáreos) y se determinó que la matriz de cerámica es un compuesto de arcilla de 98 % de pureza, con un índice de plasticidad media de 15 %. Mientras que los residuos calcáreos después del análisis químico se determinó que contiene como principales compuestos 88,40 % de óxido de calcio.
- La turbidez y la concentración de hierro, plomo y cobre del agua del río Moche antes del tratamiento fueron de 71,45 UNT; 2,63 mg/L Fe; 0,127 mg/L Pb y 1,14 mg/L Cu. Después, del tratamiento del agua se vieron disminuidos y dichos valores fueron 21,34 UNT; 0,84 mg/L Fe; 0,0407 mg/L Pb y 0,53 mg/L Cu.
- Los mejores resultados de disminución de la turbidez, hierro, cobre y plomo fue con el material absorbente elaborado con 50 % de residuos calcáreos y calcinado a 900 °C.
- Los porcentajes de remoción máxima fueron: 70,1 % en la turbidez; 68,2 % en la remoción de Fe; 67,9 % en la remoción de Pb y 53,5 % en la remoción de Cu.
- Se comparó los resultados con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, en la cual la concentración de plomo en el agua del río Moche se encontraban fuera del rango del ECA con un valor de 0,127 mg/L. Después, del tratamiento, se llegó a disminuir las concentraciones del plomo, con un valor de 0,0407 mg/L, ubicándose dentro del rango establecido que es el valor de 0,05 mg/L.

4.3. Recomendaciones

- Se recomienda usar el método de colaje de mezcla de arcilla para generar poros internos en la matriz cerámica durante el secado y así mejorar la capacidad de atrapar sólidos suspendidos en el agua.
- El uso de almidones naturales como formadores de poros es una alternativa para elaboración de filtros cerámicos para tratamientos de agua.
- Probar este tipo de filtros de arcilla con residuos calcáreos en aguas residuales o agua de curtiembres para disminuir la concentración de material bacteriológico y de metales pesados respectivamente.

REFERENCIAS

- Acciona. (2020). "Tratamiento de Agua la solución al problema del agua en el mundo". Disponible en:
https://www.acciona.com/es/tratamiento-de-agua/?_adin=02021864894
- Aguilar, L. (2020). "Eficiencia de las conchas de abanico como medio filtrante de un prototipo de filtro lento en la JASS Shirapampa, provincia de Huaraz, departamento de Ancash - 2017". Tesis de pregrado. Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo". Huaraz, Ancash.
<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4330>
- Alva, C. (2021). "Estudio de la viabilidad técnicoambiental de la aplicación de pellets basados en valvas de conchas de abanico y exoesqueletos de langostinos como adsorbentes para la remoción de metales pesados en agua". Tesis de pregrado. Universidad de Lima. Lima. Perú.
https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/14370/Alva_Urcia_viability%20tecnico%20ambiental.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arocutipa, J. (2013). "Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en massiapo del distrito de alto inambari - sandia". Tesis de pregrado. Universidad Nacional Del Altiplano. Perú.
- Aznar, A. (2019). "Determinación de los parámetros físico-químicos de la calidad de las aguas". Disponible en:
<http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otrosrecursos-1/OR-F-001.pdf>
- Bordehore, C. (2001). "Problemas ambientales, problemas humanos".
<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/2725/8/cap8.pdf>

- Campos, N. (1990). “La contaminación por metales pesados en la Ciénaga Grande de Santa María”. Caribe Colombiano, Caldasia 16: 231 - 144 pp.
- Castañeda, M. (2019). “Variación química proximal y vida útil en refrigeración del musculo aductor cocido de la conch de abanico (*argopecten purpuratus*) proveniente de la Bahía de Sechura-Piura”. Disponible en:
<https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1468/FIP-CAS-GUT-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cueto, R. “Influencia de las variables ambientales sobre el índice gonado-somático de la concha de abanico *Argopecten purpuratus*.” Facultad de pesquería. Universidad Nacional Agraria La Molina. Disponible en:
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2231/L53-C8-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cotrina, Farfan, Flores y Tesen. (2019). “Tratamiento de aguas residuales domesticas mediante un sistema de biofiltro a base de conchas de abanico (*Argopecten purpuratus*) en el poblado de San Andrés de Huacar, Distrito de Paccho - Huaura” Universidad César Vallejo. Lima. Perú. .
- Cristóbal, Félix.(2019). “Descripción Hidráulica de la Batería de Filtros de Planta N° 1 de la Atarjea”. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Chulluncuy, N. (2011). “Tratamiento de agua para consumo humano”. Ingeniería Industrial. Recuperado 16 de junio de 2011, de <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428495008.pdf>.
- Díaz, Heidy y Caballero, Jhon. (2015). “Simulación de una planta de tratamiento de aguas residuales y su análisis técnico - económico - ambiental en la ciudad de Iquitos mediante el uso de súper pro Designer V6-2015”. Tesis (Ingeniería Química). Iquitos – Perú: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Disponible en:

http://repositorio.unapikitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4712/Heidy_Tesis_Titulo_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- DIGESA. (2016). "Parámetros organolépticos". Disponible en:
http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf.
- Gamarra, B. y Portal, G. (2018). "Evaluación en la fabricación de bionanofiltros a base de concha-arcilla-almidón, para la purificación de aguas superficiales del río Tablachaca". Tesis (Ingeniero de Materiales). Trujillo- Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Disponible en:
<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10628/GAMARRA%20MEL%20ENDRES%20C%20Billy%20Johanns%20C%20PORTAL%20PRETEL%20C%20Gabriela%20Roselym.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gómez, V y Uriza, X (2018). "Evaluación de un filtro para tratamiento primario de aguas residuales domésticas rurales, a partir del uso de materiales no convencionales". Tesis de pregrado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia. 2016
- González, C. (2019). "Monitoreo de calidad del agua". Disponible en:
<http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf>
- Goyenola, G. (2007). "Guía para la utilización de las valijas viajeras –conductividad" [en línea]. Versión 1.0. [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2019]. Disponible en:
http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/Conductividad.pdf
- Graf. (2019). "Demanda biológica de oxígeno DBO5" Disponible en:
<https://www.grafiberica.com/depositos-soterrados/como-recuperar-agua-de-lluvia/lexico/begriff/demanda-biologica-de-oxigeno-dbo5.html>

- Julián, C.; Manrique, C.; Lizarzaburu, L.; Hermoza, M.; Campos, L. & Zegarra, L. (2018). "Sustitución parcial del cemento por residuos calcáreos de argopecten purpuratus (conchas de abanico) en mezclas de concreto". CONOCIMIENTO PARA EL DESARROLLO, 2(1). Chimbote. Perú.
<https://revista.usanpedro.edu.pe/index.php/CPD/article/view/221>
- Huaranga, F.; Méndez, E.; Quilcat, V.; & Huaranga, F. (2012). "Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche". 1980 – 2010, Scientia Agropecuaria, 3(3),235-247.[fecha de Consulta 20 de Enero de 2022]. ISSN: 2077-9917. La Libertad – Perú. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357633703005>
- Hanna. (2014). "Demanda química de oxígeno y materia orgánica". Disponible en:
http://www.hannaarg.com/pdf/002DQO_nota_tecnica.pdf
<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/583/1/Tesis%20Sergio%20Arturo%20Pay%20C3%A1n%20G%20C3%B3mez.pdf>
- López, E. (2015). "Tanque séptico". [en línea]. Slideshare. 28 de julio del 2015.
[Fecha de consulta: 20 de mayo de 2019]. Disponible en:
<https://es.slideshare.net/eugeniolopez70/pozo-septico-50995061>
- Ludeña, J. y Tinoco, F. (2010). "Formulación de pasta roja para la elaboración de un filtro cerámico purificador de agua y verificación de su efectividad filtrante". Disponible en:
<https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1841/3/Lude%20C3%B1a%20Guaicha%20Julio%20C%20A9sar.pdf>
- Machuca, P. (2015). "Captaciones por lecho filtrante". [en línea]. Slideshare. 15 de enero del 2015. [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2019]. Disponible en:
<https://es.slideshare.net/pablomachuca16/lecho-filtrante>

- Martín, R., y Salcedo, R. (2011). “Mecánica de Fluidos”. España: Universidad de Alicante
- Moreno, D y Risco T (2016). “Evaluación de la temperatura de calcinación y el tamaño de partícula de valvas de concha de abanico sobre el porcentaje de remoción de cromo trivalente en soluciones acuosas artificiales de Cr^{3+} mediante un proceso de precipitación”. Tesis de pregrado. Universidad nacional de Trujillo.
- Orellana, J, “Tratamientos de agua Ingeniería Sanitaria”- UTN – FRRO. Disponible en :
https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf
- Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental (OEFA). (2014). “Fiscalización ambiental en aguas residuales”. [En línea], Perú [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2019]. Disponible en: http://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Payán, S. (2016). “Estudio y diseño de biofiltro a partir de materia orgánica para el tratamiento de agua”. Grado de Doctor en Ciencia de Materiales. CIMAV Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. Chiguagua. México
<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/583/1/Tesis%20Sergio%20Arturo%20Pay%C3%A1n%20G%C3%B3mez.pdf>
- Panachlor. (2014). “Potencial de oxidación – reducción ORP”. [en línea]. [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://panachlor.com/?p=803>.
- Romero, L. (2014). “Diseño de un sistema de biofiltros para el tratamiento de aguas residuales que llegan de manera directa al humedal Neuta en el municipio de Soacha”. Tesis (Ingeniería Ambiental). Bogotá – Colombia: Universidad Libre de Colombia. Disponible en:
<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/8906/PROYECTO%20DE>

%20GRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Sánchez, N. (2013)“Granulometría de suelo”. [En línea].civilgeeks ingeniería y construcción. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://civilgeeks.com/2013/11/25/granulometria-suelos-ing-nestor-luis-sanchez/>
- Singler, A. y Bauder, J. (2012). “Alcalinidad, pH y solidos disueltos totales” [en línea]. Well educated. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2019]. Disponible en: http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf.
- Southern Perú Copper Corporation. (1986). “La Ecología y las operaciones minero metalúrgicas en Toquepala”. Cuajone e Ilo. Southern Perú Co. Corporation. 30 pp.
- Valderrama, H (2018). “Remediación del pH en la laguna Los Ángeles usando arcilla y concha de abanico”. Tesis de pregrado
- Vásquez, V. (2017). “Análisis de la piedra pómez como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del centro de faenamiento Ocaña del Cantón Quero”. Tesis de pregrado. Universidad Técnica de Ambato. Ambato. Ecuador. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27232/1/Tesis%201216%20-%20V%C3%A1squez%20Velasgui%20V%C3%ADctor%20Hugo.pdf>
- Unwater. (2019). “No dejar a nadie atrás”. Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. París. Francia. 2019

ANEXOS

Anexo 1: Tabla de Consistencia

USO DE RESIDUOS CALCÁREOS RECICLADOS EN FILTROS CON MATRIZ CERÁMICA, PARA LA DISMINUCIÓN DE TRUBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RÍO MOCHE- LA LIBERTAD 2022				
PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVO GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	METODOLOGÍA
¿Cómo influye el uso de residuos calcáreos reciclados en filtros con matriz cerámica, para la disminución de turbidez y metales pesados en aguas del río Moche - La Libertad 2022?	<p>El material absorbente elaborado a partir de residuos calcáreos reciclados con matriz de cerámica disminuye la turbidez y metales pesados en las aguas del río Moche - La Libertad 2022.</p> <p>El material absorbente elaborado a partir de residuos calcáreos reciclados con matriz de cerámica no disminuye la turbidez y metales pesados en las aguas del río Moche - La Libertad 2022.</p>	Elaborar material absorbente a partir de residuos calcáreos reciclados con matriz de cerámica para la disminución de turbidez y metales pesados en aguas del río Moche - La Libertad 2022.	<p>Parámetros de calidad de agua</p> <p style="text-align: center;">VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Filtros con matriz cerámica</p>	Diseño
		OBJETIVOS ESPECÍFICOS		Investigación experimental: Cuasi experimental
		<p>Elaborar el material absorbente con residuo calcáreo de <i>Argopecten purpuratus</i> y caolinita en proporciones de 25 %, 50 % y 75 % calcinados 700°C.</p> <p>Elaborar el material absorbente con residuo calcáreo de <i>Argopecten purpuratus</i> y caolinita en proporciones de 25%, 50 % y 75 % calcinados 800 °C.</p> <p>Elaborar el material absorbente con residuo calcáreo de <i>Argopecten purpuratus</i> y caolinita en proporciones de 25 %, 50 % y 75 % calcinados 900°C.</p> <p>Determinar el porcentaje de remoción de la turbiedad, hierro, plomo y cobre después del tratamiento en las aguas del río Moche. Comparar los resultados obtenidos con el ECA para agua categoría 3, subcategoría D1.</p>		Población
				Filtros con matriz cerámica
				MUESTRA
				25 filtros con matriz cerámica


Anexo 2: Tabla de Operacionalización

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Filtros con matriz cerámica	Inversiones Global Group define a los filtro-cerámico como purificadores de agua que se realiza por gravitación, estos filtros están compuestos por tres componentes importantes para remover diferentes agentes presentes en el agua	Eficiencia del filtro-cerámico sometido a un flujo presurizado de agua para la remoción de hierro, a nivel de laboratorio, SJL-2018	Granulometría	<ul style="list-style-type: none"> Medición de los granos de una formación sedimentaria Calculo de cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica
			Absorción	Penetración de agua en los poros de las partículas
			Humedad	El contenido de humedad de un suelo, es la suma de sus aguas.
			Microscopia electrónica de barrido	<ul style="list-style-type: none"> Fuente de electrones que ilumina la muestra Lentes electromagnéticos que dirigen el haz de electrones hacia la muestra de la manera más conveniente
			Termogravimetría	<ul style="list-style-type: none"> Estudios composicionales Estudios de descomposición y estabilidad térmica Determinación de pureza
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Parámetro de Calidad de Agua	El Ministerio del Ambiente caracteriza y evalúa la calidad del agua (superficial y para consumo humano) y la calidad de los sedimentos de río, ubicados dentro del área de influencia del Proyecto, para lo cual se ha realizado una comparación de los resultados físico-químicos obtenidas in situ y en laboratorio, con los límites establecidos por la autoridad competente	Para la evaluación y caracterización de la calidad de agua y la de los sedimentos de río, se presenta una descripción breve de los principales parámetros evaluados, los cuales han sido extraídos del Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua del Ministerio de Energía y Minas y del Grupo de Estudio Técnico Ambiental de la Dirección General de Salud Ambiental	Turbidez	Mide la absorción o dispersión de la luz por la materia suspendida que se presenta en el agua
			Metales pesados	Los metales Bario, Cadmio, Cromo, Plomo y Mercurio, frecuentemente, son contaminantes del petróleo crudo y, algunas veces, están presentes en pequeñas cantidades en las aguas residuales de la industria petrolera.

Anexo 3: Norma de Calidad de Agua

10

NORMAS LEGALES

Miércoles 7 de junio de 2017 /  **El Peruano**

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

**DECRETO SUPREMO
N° 004-2017-MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como 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; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,

publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Objeto de la norma

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional

a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente:

- B1. Contacto primario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

- B2. Contacto secundario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

a) Subcategoría D1: Riego de vegetales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

- Agua para riego no restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

- Agua para riego restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

b) Subcategoría D2: Bebida de animales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno,

equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

b) Subcategoría E2: Ríos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

- Ríos de la costa y sierra

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

- Ríos de la selva

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos

- Estuarios

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

- Marinos

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precísese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua

4.1 La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

4.2 En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio

5.1 Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos,

químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico.

d) El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente, y que influyan en el estado actual de la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad.

e) Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir en la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua.

5.2 La aplicación de los ECA para Agua como referente obligatorio está referida a los parámetros que se identificaron considerando las variables del numeral anterior, según corresponda, sin incluir necesariamente todos los parámetros establecidos para la categoría o subcategoría correspondiente.

Artículo 6.- Consideraciones de excepción para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

En aquellos cuerpos naturales de agua que por sus condiciones naturales o, por la influencia de fenómenos naturales, presenten parámetros en concentraciones superiores a la categoría de ECA para Agua asignada, se exceptúa la aplicación de los mismos para efectos del monitoreo de la calidad ambiental, en tanto se mantenga uno o más de los siguientes supuestos:

a) Características geológicas de los suelos y subsuelos que influyen en la calidad ambiental de determinados cuerpos naturales de aguas superficiales. Para estos casos, se demostrará esta condición natural con estudios técnicos científicos que sustenten la influencia natural de una zona en particular sobre la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, aprobados por la Autoridad Nacional del Agua.

b) Ocurrencia de fenómenos naturales extremos, que determina condiciones por exceso (inundaciones) o por carencia (sequías) de sustancias o elementos que componen el cuerpo natural de agua, las cuales deben ser reportadas con el respectivo sustento técnico.

c) Desbalance de nutrientes debido a causas naturales, que a su vez genera eutrofización o el crecimiento excesivo de organismos acuáticos, en algunos casos potencialmente tóxicos (mareas rojas). Para tal efecto, se debe demostrar el origen natural del desbalance de nutrientes, mediante estudios técnicos científicos aprobados por la autoridad competente.

d) Otras condiciones debidamente comprobadas mediante estudios o informes técnicos científicos actualizados y aprobados por la autoridad competente.

Artículo 7.- Verificación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua fuera de la zona de mezcla

7.1 En cuerpos naturales de agua donde se vierten aguas tratadas, la Autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, entendida esta zona como aquella que contiene el volumen de agua en el cuerpo receptor donde se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y dispersión, sin considerar otros factores como el decaimiento bacteriano, sedimentación, asimilación en materia orgánica y precipitación química.

7.2 Durante la evaluación de los instrumentos de gestión ambiental, las autoridades competentes consideran y/o verifican el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, en aquellos parámetros asociados prioritariamente a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o actividad.

7.3 La metodología y aspectos técnicos para la determinación de las zonas de mezcla serán establecidos por la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente y la autoridad competente.

Artículo 8.- Sistematización de la información

8.1 Las autoridades competentes de los tres niveles de gobierno, que realicen acciones de vigilancia, monitoreo, control, supervisión y/o fiscalización ambiental remitirán

al Ministerio del Ambiente la información generada en el desarrollo de estas actividades con relación a la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, a fin de que sirva como insumo para la elaboración del Informe Nacional del Estado del Ambiente y para el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA).

8.2 La autoridad competente debe remitir al Ministerio del Ambiente la relación de aquellos cuerpos naturales de agua exceptuados de la aplicación del ECA para Agua, referidos en los literales a) y c) del artículo 6 del presente Decreto Supremo, adjuntando el sustento técnico correspondiente.

8.3 El Ministerio del Ambiente establece los procedimientos, plazos y los formatos para la remisión de la información.

Artículo 9.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, el Ministro de Agricultura y Riego, el Ministro de Energía y Minas, la Ministra de Salud, el Ministro de la Producción y el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Agua se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial.

Segunda.- Del Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua

Las acciones de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua debe realizarse de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.

Tercera.- Métodos de ensayo o técnicas analíticas

El Ministerio del Ambiente, en un plazo no mayor a seis (6) meses contado desde la vigencia de la presente norma, establece los métodos de ensayo o técnicas analíticas aplicables a la medición de los ECA para Agua aprobados por la presente norma, en coordinación con el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y las autoridades competentes.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

Primera.- Instrumento de gestión ambiental y/o plan integral en trámite ante la Autoridad Competente

Los titulares que antes de la fecha de entrada en vigencia de la norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental y/o plan integral ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Agua vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en la Primera Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Agua aprobados mediante el presente Decreto Supremo.

Segunda.- De la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas

Para la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas, la Autoridad Nacional del Agua, tomará en cuenta los ECA para Agua considerados en la aprobación del instrumento de gestión ambiental correspondiente.

Tercera.- De la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en cuerpos naturales de agua no categorizados

En tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del

recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha Autoridad.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA
DEROGATORIA**

Única.- Derogación de normas referidas a Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Derógase el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ-CALDERÓN
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA
Ministra de Salud

EDMER TRUJILLO MORI
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂) (d)	mg/L	3	3	**
Amoníaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

14 **NORMAS LEGALES** Miércoles 7 de junio de 2017 /  **El Peruano**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₈ - C ₄₀)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(e)	1,0	1,0	1,0
Bromoforno	mg/L	0,1	**	**
Cloroforno	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃⁻-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃⁻).

(d) En el caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitritos-N ($\text{NO}_2\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 3,28 para expresarlo en unidades de Nitritos (NO_2).

(e) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{cloroformo}}}{E_{\text{CAcloroformo}}} + \frac{C_{\text{dibromoclorometano}}}{E_{\text{CA dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{bromodichlorometano}}}{E_{\text{CA bromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{bromoformo}}}{E_{\text{CA bromoformo}}} \leq 1$$

Dónde:

C= concentración en mg/L y

ECA= Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano).

(f) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 1:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FÍSICOS- QUÍMICOS			
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$)	mg/L	10	**
Nitritos ($\text{NO}_2\text{-N}$)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	200	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**
<i>Giardia duodenalis</i>	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
<i>Salmonella spp</i>	Presencia/100 ml	0	0
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

Nota 2:

- UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.
- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml.
- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

Parámetros	Unidad de medida	C1	C2	C3	C4
		Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
FÍSICOS- QUÍMICOS					
Aceites y Grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 3	≥ 2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 – 8,5	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	80	60	70	**
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS					
Amoníaco Total (NH ₃)	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Níquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Talio	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
ORGÁNICO					
Hidrocarburos Totales de Petróleo (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
Bifenilos Policlorados					
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
ORGANOLÉPTICO					
Hidrocarburos de Petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
MICROBIOLÓGICO					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	≤ 14 (área aprobada) (d)	≤ 30	1 000	200
	NMP/100 ml	≤ 88 (área restringida) (d)			

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃⁻-N), multiplicar el resultado por el factor 4,43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃⁻).

(d) **Área Aprobada:** Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 3:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃).

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota:

(*)El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24

ORGÁNICO

Bifenilos Policlorados

Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04	0,045
------------------------------	------	------	-------

PLAGUICIDAS

Paratión	µg/L	35	35
----------	------	----	----

Organoclorados

Aldrín	µg/L	0,004	0,7
Clordano	µg/L	0,006	7
Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001	30
Dieldrín	µg/L	0,5	0,5
Endosulfán	µg/L	0,01	0,01
Endrin	µg/L	0,004	0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	0,03
Lindano	µg/L	4	4

Carbamato

Aldicarb	µg/L	1	11
----------	------	---	----

MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO

Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Rios		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	$\Delta 3$	$\Delta 3$	$\Delta 3$	$\Delta 2$	$\Delta 2$
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000019	0,000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000087	0,000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,000023	0,000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Rios		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

- (a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).
 (b) Después de la filtración simple.
 (c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N ($\text{NO}_3\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO_3).
 Δ 3: significación variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 5:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.
- (1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH_3) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.
- (2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3).

Tabla N° 2: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3)

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Salinidad 10 g/kg								
7,0	41,00	29,00	20,00	14,00	9,40	6,60	4,40	3,10
7,2	26,00	18,00	12,00	8,70	5,90	4,10	2,80	2,00
7,4	17,00	12,00	7,80	5,30	3,70	2,60	1,80	1,20
7,6	10,00	7,20	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,84
7,8	6,60	4,70	3,10	2,20	1,50	1,10	0,75	0,53
8,0	4,10	2,90	2,00	1,40	0,97	0,69	0,47	0,34
8,2	2,70	1,80	1,30	0,87	0,62	0,44	0,31	0,23
8,4	1,70	1,20	0,81	0,56	0,41	0,29	0,21	0,16
8,6	1,10	0,75	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11
8,8	0,69	0,50	0,34	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08
9,0	0,44	0,31	0,23	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 20 g/kg								
7,0	44,00	30,00	21,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10
7,2	27,00	19,00	13,00	9,00	6,20	4,40	3,00	2,10
7,4	18,00	12,00	8,10	5,60	4,10	2,70	1,90	1,30
7,6	11,00	7,50	5,30	3,40	2,50	1,70	1,20	0,84
7,8	6,90	4,70	3,40	2,30	1,60	1,10	0,78	0,53
8,0	4,40	3,00	2,10	1,50	1,00	0,72	0,50	0,34
8,2	2,80	1,90	1,30	0,94	0,66	0,47	0,31	0,24
8,4	1,80	1,20	0,84	0,59	0,44	0,30	0,22	0,16
8,6	1,10	0,78	0,56	0,41	0,28	0,20	0,15	0,12
8,8	0,72	0,50	0,37	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08
9,0	0,47	0,34	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 30 g/kg								
7,0	47,00	31,00	22,00	15,00	11,00	7,20	5,00	3,40
7,2	29,00	20,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10	2,20
7,4	19,00	13,00	8,70	5,90	4,10	2,90	2,00	1,40
7,6	12,00	8,10	5,60	3,70	3,10	1,80	1,30	0,90
7,8	7,50	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,81	0,56

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
8,0	4,70	3,10	2,20	1,60	1,10	0,75	0,53	0,37
8,2	3,00	2,10	1,40	1,00	0,69	0,50	0,34	0,25
8,4	1,90	1,30	0,90	0,62	0,44	0,31	0,23	0,17
8,6	1,20	0,84	0,59	0,41	0,30	0,22	0,16	0,12
8,8	0,78	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11	0,09
9,0	0,50	0,34	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07

Notas:

(*)El estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 7,0 a 9,0, Temperatura de 0 a 35°C, y Salinidades de 10, 20 y 30 g/kg. Para comparar la Salinidad de las muestras de agua superficial, se deben tomar la salinidad próxima inferior (30, 20 o 10) al valor obtenido en la muestra, ya que la condición más extrema se da a menor salinidad. Asimismo, para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N ($\text{NH}_3\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH_3).

NOTA GENERAL:

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.
- Los valores de los parámetros están referidos a la concentración máxima, salvo que se precise otra condición.
- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.

1529835-2

ANEXO 4: DATOS DE ENSAYO



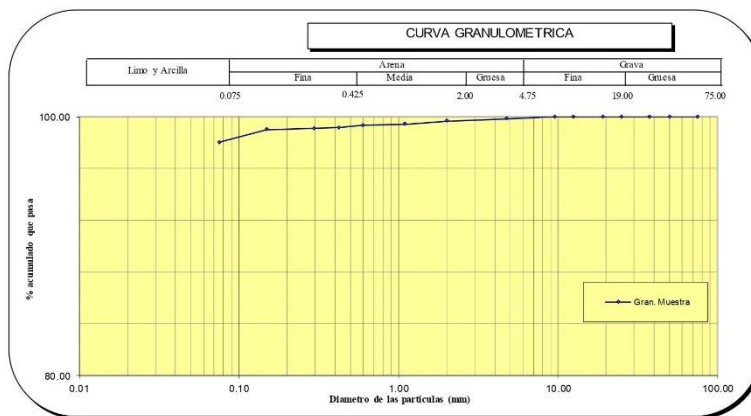
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Cerámicos y Suelos

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422

PROYECTO : "ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS RECICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA PARA LA DISMINUCIÓN DE TRUBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RIO MOCHE- LA LIBERTAD 2022"
MUESTRA : M1
SOLICITANTES : PAREDES LÓPEZ ALEXANDRA NICOL
UBICACIÓN : HUAMACHUCO - LA LIBERTAD

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRIA NTP. 339.128 (99)					OBSERVACIONES	Humedad natural 3.5
	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA		
3"	75.000				100.00	CLASIFICACIONES GRANULOMETRICAS Grava (%) Arena (%) 2.0 Finos(%) 98.0 D30 D60 D10 Cu Cc	
2"	50.000				100.00		
1 1/2"	37.500				100.00		
1"	25.000				100.00		
3/4"	19.000				100.00		
1/2"	12.500				100.00		
3/8"	9.500				100.00		
Nº4	4.750	0.2	0.2	0.2	99.8		
Nº10	2.000	0.2	0.2	0.3	99.7		
Nº16	1.100	0.3	0.3	0.6	99.4		
Nº30	0.600	0.1	0.1	0.7	99.3	LIMITES DE CONSISTENCIA LL 32.5 LP 17.7 IP 14.7 CLASIFICACION DE SUELOS SUCS CL AASHTO A-6	
Nº40	0.425	0.2	0.2	0.8	99.2		
Nº50	0.297	0.1	0.1	0.9	99.1		
Nº100	0.149	0.1	0.1	1.0	99.0		
Nº200	0.075	1.2	1.0	2.0	98.0		
< Nº200	Fondo	117.6	98.0	100.0			
Total		120.0	100.0				



Jorge Alejandro Basileiro Vilanova
Ingr. DE MATERIALES
C. CIP. N° 197384



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA NTP 339.129

PROYECTO : "ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS RECICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA PARA LA DISMINUCIÓN DE TRUBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RIO MOCHE- LA LIBERTAD 2022"
MUESTRA : M1
SOLICITANTES : PAREDES LÓPEZ ALEXANDRA NICOL
UBICACIÓN : HUAMACHUCO - LA LIBERTAD

CRISTAL No.	W _h + CRISTAL (grs)	W _s + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	W _s (grs)	HUMEDAD (%)	No. GOLPES
-------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------	-----------------	----------------------	-------------	------------

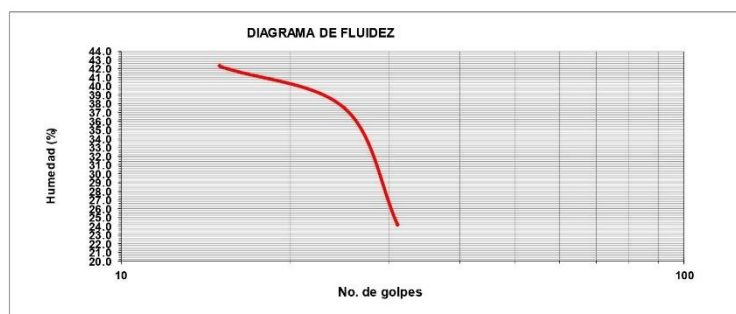
LÍMITE LÍQUIDO

1	96.51	89.36	7.15	72.45	16.91	42.3	15
2	92.18	86.58	5.6	71.63	14.95	37.5	25
3	90.47	86.98	3.49	72.54	14.44	24.2	31

L.L.	32.45
L.P.	17.74
I.P.	14.71

LÍMITE PLÁSTICO

1	95.27	91.81	3.46	72.06	19.75	17.5
2	94.12	91.01	3.11	73.41	17.6	17.7
3	90.35	87.43	2.92	71.24	16.19	18.0



Alexandra Lopez Escobedo Villaraza
 ING. DE MATERIALES
 R.C.P. N° 197384



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
NPT 339.127

PROYECTO : "ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS RECICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA PARA LA DISMINUCIÓN DE TRUBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RIO MOCHE- LA LIBERTAD 2022"
MUESTRA : M1
SOLICITANTES : PAREDES LÓPEZ ALEXANDRA NICOL
UBICACIÓN : HUAMACHUCO - LA LIBERTAD

No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	HUMEDAD (%)
1	85.91	85.41	0.5	72.16	13.25	3.8	3.5
2	89.47	88.89	0.58	71.82	17.07	3.4	
3	87.72	87.18	0.54	71.53	15.65	3.5	



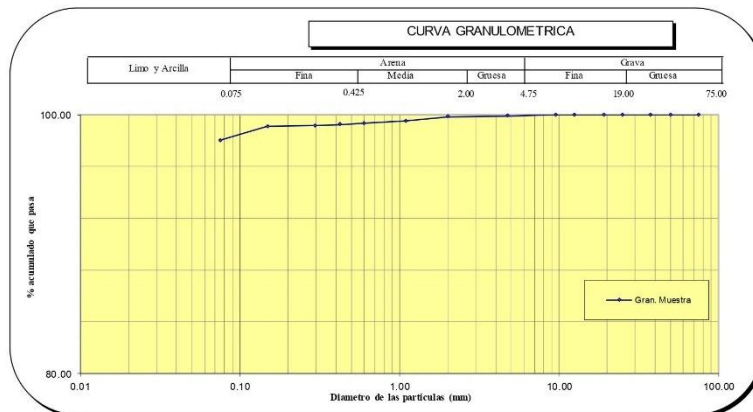
Jorge Alejandro Barrios Viana
ING. DE MATERIALES
R.C.P. N° 197384



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422

PROYECTO : "ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS RECICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA PARA LA DISMINUCIÓN DE TRUBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RIO MOCHE- LA LIBERTAD 2022"
MUESTRA : M2
SOLICITANTES : PAREDES LÓPEZ ALEXANDRA NICOL
UBICACIÓN : HUAMACHUCO - LA LIBERTAD

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRIA NTP. 339.128 (99)					OBSERVACIONES
	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	
3"	75.000				100.00	Humedad natural 3.8 CLASIFICACIONES GRANULOMETRICAS Grava (%) Arena (%) 2.0 Finos(%) 98.0 D30 D60 D10 Cu Cc LIMITES DE CONSISTENCIA LL 31.1 LP 15.8 IP 15.3 CLASIFICACION DE SUELOS SUCS CL AASTHO A-6
2"	50.000				100.00	
1 1/2"	37.500				100.00	
1"	25.000				100.00	
3/4"	19.000				100.00	
1/2"	12.500				100.00	
3/8"	9.500				100.00	
Nº4	4.750	0.1	0.1	0.1	99.9	
Nº10	2.000	0.1	0.1	0.2	99.8	
Nº16	1.100	0.4	0.3	0.5	99.5	
Nº30	0.600	0.2	0.2	0.7	99.3	
Nº40	0.425	0.1	0.1	0.8	99.3	
Nº50	0.297	0.1	0.1	0.8	99.2	
Nº100	0.149	0.1	0.1	0.9	99.1	
Nº200	0.075	1.3	1.1	2.0	98.0	
< Nº200	Fondo	117.6	98.0	100.0		
Total		120.0	100.0			



Ing. Alejandro Gáratea Vázquez
 ING. DE MATERIALES
 R.C.P. N° 197394



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA NTP 339.129

PROYECTO : "ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS RECICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA PARA LA DISMINUCIÓN DE TURBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RIO MOCHE- LA LIBERTAD 2022"
MUESTRA : M2
SOLICITANTES : PAREDES LÓPEZ ALEXANDRA NICOL
UBICACIÓN : HUAMACHUCO - LA LIBERTAD

CRISTAL No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	No. GOLPES
-------------	--------------------	--------------------	--------------	-----------------	----------	-------------	------------

LÍMITE LÍQUIDO

1	95.14	88.74	6.4	71.38	17.36	36.9	16
2	92.58	87.82	4.76	73.46	14.36	33.1	24
3	93.16	88.56	4.6	71.82	16.74	27.5	30

L.L.	31.05
L.P.	15.76
I.P.	15.29

LÍMITE PLÁSTICO

1	94.82	91.81	3.01	71.64	20.17	14.9
2	92.53	89.5	3.03	72.39	17.11	17.7
3	94.41	91.73	2.68	73.42	18.31	14.6



Jorge Alejandro Estrada Vilanova
 ING. DE MATERIALES
 R.C.P. N° 197384



**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
NPT 339.127**

PROYECTO : "ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS RECICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA PARA LA DISMINUCIÓN DE TRUBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RIO MOCHE- LA LIBERTAD 2022"
MUESTRA : M2
SOLICITANTES : PAREDES LÓPEZ ALEXANDRA NICOL
UBICACIÓN : HUAMACHUCO - LA LIBERTAD

No.	W _h + CRISTAL (grs)	W _s + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	W _s (grs)	HUMEDAD (%)	HUMEDAD (%)
1	86.72	86.16	0.56	71.38	14.78	3.8	3.8
2	82.59	82.18	0.41	72.16	10.02	4.1	
3	84.51	84.07	0.44	71.49	12.58	3.5	



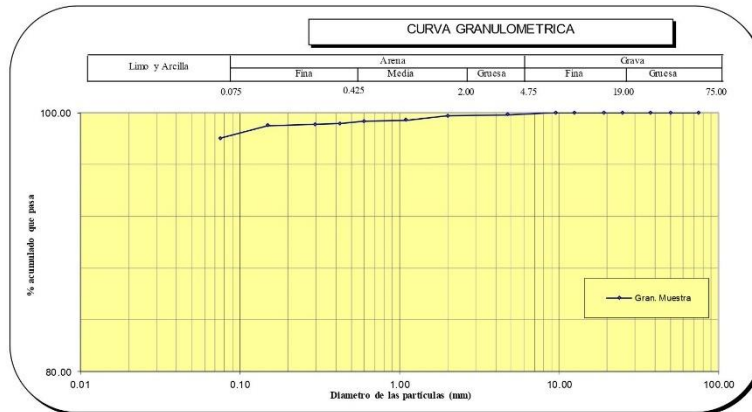
Jorge Alejandro Ramírez Viqueza
ING. DE MATERIALES
R.C.P. N° 197384



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422

PROYECTO : "ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS RECICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA PARA LA DISMINUCIÓN DE TRUBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RIO MOCHE- LA LIBERTAD 2022"
MUESTRA : M3
SOLICITANTES : PAREDES LÓPEZ ALEXANDRA NICOL
UBICACIÓN : HUAMACHUCO - LA LIBERTAD

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRIA NTP. 339.128 (99)					OBSERVACIONES
	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	
3"	75.000				100.00	Humedad natural 3.4 CLASIFICACIONES GRANULOMETRICAS Grava (%) Arena (%) 2.0 Finos(%) 98.0 D30 D60 D10 Cu Cc LIMITES DE CONSISTENCIA LL 32.4 LP 16.8 IP 15.6 CLASIFICACION DE SUELOS SUCS CL AASTHO A-6
2"	50.000				100.00	
1 1/2"	37.500				100.00	
1"	25.000				100.00	
3/4"	19.000				100.00	
1/2"	12.500				100.00	
3/8"	9.500				100.00	
Nº4	4.750	0.2	0.2	0.2	99.8	
Nº10	2.000	0.1	0.1	0.3	99.8	
Nº16	1.100	0.4	0.3	0.6	99.4	
Nº30	0.600	0.1	0.1	0.7	99.3	
Nº40	0.425	0.2	0.2	0.8	99.2	
Nº50	0.297	0.1	0.1	0.9	99.1	
Nº100	0.149	0.1	0.1	1.0	99.0	
Nº200	0.075	1.2	1.0	2.0	98.0	
< Nº200	Fondo	117.6	98.0	100.0		
Total		120.0	100.0			



Jorge Alejandro Barrantes Villacorta
ING. DE MATERIALES
R.C.P. N° 197384



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA NTP 339.129

PROYECTO : "ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS RECICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA PARA LA DISMINUCIÓN DE TRUBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RIO MOCHE- LA LIBERTAD 2022"
MUESTRA : M3
SOLICITANTES : PAREDES LÓPEZ ALEXANDRA NICOL
UBICACIÓN : HUAMACHUCO - LA LIBERTAD

CRISTAL No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	No. GOLPES
-------------	--------------------	--------------------	--------------	-----------------	----------	-------------	------------

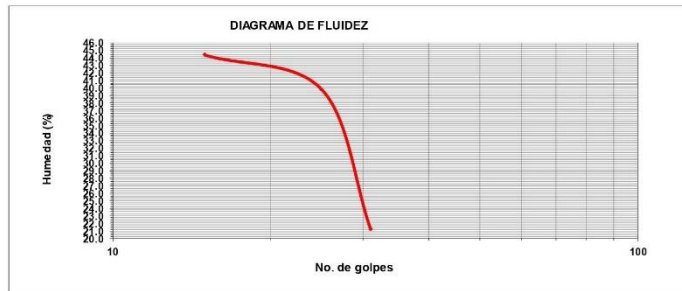
LÍMITE LÍQUIDO

1	95.82	88.28	7.54	71.28	17	44.4	15
2	94.71	87.77	6.94	70.34	17.43	39.8	25
3	93.88	90.18	3.7	72.76	17.42	21.2	31

L.L.	32.41
L.P.	16.82
I.P.	15.59

LÍMITE PLÁSTICO

1	94.28	91.02	3.26	71.47	19.55	16.7
2	93.65	90.63	3.02	72.51	18.12	16.7
3	91.17	88.61	2.56	73.65	14.96	17.1



Jorge Alejandro Barrios Vela
ING. DE MATERIALES
R. CIP N° 197384



**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
NPT 339.127**

PROYECTO : "ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS RECICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA PARA LA DISMINUCIÓN DE TURBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RIO MOCHE- LA LIBERTAD 2022"
MUESTRA : M3
SOLICITANTES : PAREDES LÓPEZ ALEXANDRA NICOL
UBICACIÓN : HUAMACHUCO - LA LIBERTAD

No.	W _h + CRISTAL (grs)	W _s + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	W _s (grs)	HUMEDAD (%)	HUMEDAD (%)
1	84.72	84.25	0.47	70.25	14	3.4	3.4
2	86.29	85.81	0.48	73.16	12.65	3.8	
3	85.34	84.95	0.39	72.41	12.54	3.1	



Jorge Alejandro Barrios
Ingeniero de Materiales
R.C.P. N° 197284



INVESTIGADOR:	<i>Alexandra Nicol Paredes López</i>
PROYECTO:	<i>"ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS RECICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA PARA LA DISMINUCIÓN DE TRUBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RIO MOCHE- LA LIBERTAD 2022"</i>
MUESTRA:	<i>Agua - Rio Moche</i>

ENSAYO	1	2	3
TURBIDEZ (UNT)	<i>71.05</i>	<i>71.15</i>	<i>72.14</i>
HIERRO (mg/L)	<i>2.54</i>	<i>2.74</i>	<i>2.61</i>
PLOMO (mg/L)	<i>0.12</i>	<i>0.14</i>	<i>0.12</i>
COBRE (mg/L)	<i>1.09</i>	<i>1.18</i>	<i>1.15</i>



Jorge Alejandro Barralón Viquevedo
ING. DE MATERIALES
R.C.P. N° 197384



INVESTIGADOR:	<i>Alexandra Nicol Paredes López</i>
PROYECTO:	<i>"ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS RECICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA PARA LA DISMINUCIÓN DE TRUBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RIO MOCHE- LA LIBERTAD 2022"</i>
MUESTRA:	<i>Agua -25% RC - 700°C</i>

<i>ENSAYO</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>TURBIDEZ (UNT)</i>	<i>58.45</i>	<i>56.84</i>	<i>57.84</i>
<i>HIERRO (mg/L)</i>	<i>2.41</i>	<i>2.41</i>	<i>2.45</i>
<i>PLOMO (mg/L)</i>	<i>0.091</i>	<i>0.092</i>	<i>0.092</i>
<i>COBRE (mg/L)</i>	<i>0.91</i>	<i>0.91</i>	<i>0.92</i>



Jorge Alejandro Barrios Viqueza
ING. DE MATERIALES
R.C.P. N° 197384



INVESTIGADOR:	<i>Alexandra Nicol Paredes Lopez</i>
PROYECTO:	<i>"ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS REICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA PARA LA DISMINUCIÓN DE TRUBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RIO MOCHE- LA LIBERTAD 2022"</i>
MUESTRA:	<i>Agua -50% RC - 700°C</i>

ENSAYO	1	2	3
TURBIDEZ (UNT)	<i>45.15</i>	<i>48.21</i>	<i>47.19</i>
HIERRO (mg/L)	<i>1.45</i>	<i>1.51</i>	<i>1.48</i>
PLOMO (mg/L)	<i>0.081</i>	<i>0.082</i>	<i>0.081</i>
COBRE (mg/L)	<i>0.82</i>	<i>0.81</i>	<i>0.8</i>



Jorge Alejandro Barrios Vitorino
ING. DE MATERIALES
E. CHIP. N° 197384



INVESTIGADOR:	<i>Alexandra Nicol Paredes Lopez</i>
PROYECTO:	<i>"ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS RECICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA PARA LA DISMINUCIÓN DE TRUBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RIO MOCHIE- LA LIBERTAD 2022"</i>
MUESTRA:	<i>Agua -75% RC - 700°C</i>

ENSAYO	1	2	3
TURBIDEZ (UNT)	<i>55.14</i>	<i>52.97</i>	<i>53.47</i>
HIERRO (mg/L)	<i>1.78</i>	<i>1.79</i>	<i>1.82</i>
PLOMO (mg/L)	<i>0.094</i>	<i>0.097</i>	<i>0.092</i>
COBRE (mg/L)	<i>0.91</i>	<i>0.89</i>	<i>0.87</i>



Jorge Augusto Barrios Viqueuna
ING. DE MATERIALES
R.C.P. N° 197284



INVESTIGADOR:	<i>Alexandra Nicol Paredes Lopez</i>
PROYECTO:	<i>"ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS RECICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA PARA LA DISMINUCIÓN DE TRUBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RIO MOCHE- LA LIBERTAD 2022"</i>
MUESTRA:	<i>Agua 25%RC - 800°C</i>

<i>ENSAYO</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>TURBIDEZ (UNT)</i>	<i>35.48</i>	<i>34.15</i>	<i>33.84</i>
<i>HIERRO (mg/L)</i>	<i>2.14</i>	<i>2.12</i>	<i>2.11</i>
<i>PLOMO (mg/L)</i>	<i>0.084</i>	<i>0.082</i>	<i>0.081</i>
<i>COBRE (mg/L)</i>	<i>0.85</i>	<i>0.81</i>	<i>0.82</i>



Jorge Alejandro Barrios Huayta
ING. DE MATERIALES
R.C.P. N° 197384



INVESTIGADOR:	<i>Alexandra Nicol Paredes Lopez</i>
PROYECTO:	<i>"ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS RECICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA PARA LA DISMINUCIÓN DE TRUBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RIO MOCHE- LA LIBERTAD 2022"</i>
MUESTRA:	<i>Agua 50%RC - 800°C</i>

ENSAYO	1	2	3
TURBIDEZ (UNT)	<i>24.51</i>	<i>26.84</i>	<i>27.41</i>
HIERRO (mg/L)	<i>1.05</i>	<i>1.02</i>	<i>1.09</i>
PLOMO (mg/L)	<i>0.069</i>	<i>0.074</i>	<i>0.078</i>
COBRE (mg/L)	<i>0.71</i>	<i>0.68</i>	<i>0.67</i>



Jorge Alejandro Barrios Viqueza
ING. DE MATERIALES
R. CIP. N° 197384



INVESTIGADOR:	<i>Alexandra Nicol Paredes Lopez</i>
PROYECTO:	<i>"ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS RECICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA PARA LA DISMINUCIÓN DE TRUBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RIO MOCHE- LA LIBERTAD 2022"</i>
MUESTRA:	<i>Agua 75%RC - 800°C</i>

ENSAYO	1	2	3
TURBIDEZ (UNT)	<i>35.48</i>	<i>33.84</i>	<i>34.05</i>
HIERRO (mg/L)	<i>1.45</i>	<i>1.51</i>	<i>1.28</i>
PLOMO (mg/L)	<i>0.084</i>	<i>0.087</i>	<i>0.089</i>
COBRE (mg/L)	<i>0.85</i>	<i>0.87</i>	<i>0.84</i>



Jorge Alejandro Barrios Vilanova
ING. DE MATERIALES
R. C. P. N° 197384



INVESTIGADOR:	Alexandra Nicol Paredes Lopez
PROYECTO:	"ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS RECICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA PARA LA DISMINUCIÓN DE TRUBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RIO MOCHE- LA LIBERTAD 2022"
MUESTRA:	Agua 25% RC - 900°C

ENSAYO	1	2	3
TURBIDEZ (UNT)	26.84	27.85	23.84
HIERRO (mg/L)	1.94	2.01	1.99
PLOMO (mg/L)	0.075	0.074	0.072
COBRE (mg/L)	0.8	0.78	0.79



Jorge Alejandro Barrios Viqueza
ING. DE MATERIALES
R.C.I.P. N° 197384



INVESTIGADOR:	<i>Alexandra Nicol Paredes Lopez</i>
PROYECTO:	<i>"ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS RECICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA PARA LA DISMINUCIÓN DE TRUBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RIO MOCHE- LA LIBERTAD 2022"</i>
MUESTRA:	<i>Agua 50% RC - 900°C</i>

ENSAYO	1	2	3
TURBIDEZ (UNT)	<i>19.84</i>	<i>21.45</i>	<i>22.74</i>
HIERRO (mg/L)	<i>0.82</i>	<i>0.84</i>	<i>0.85</i>
PLOMO (mg/L)	<i>0.042</i>	<i>0.041</i>	<i>0.039</i>
COBRE (mg/L)	<i>0.56</i>	<i>0.51</i>	<i>0.52</i>



Jorge Alejandro Barrios Vitoriano
ING. DE MATERIALES
R.C.P. N° 197384



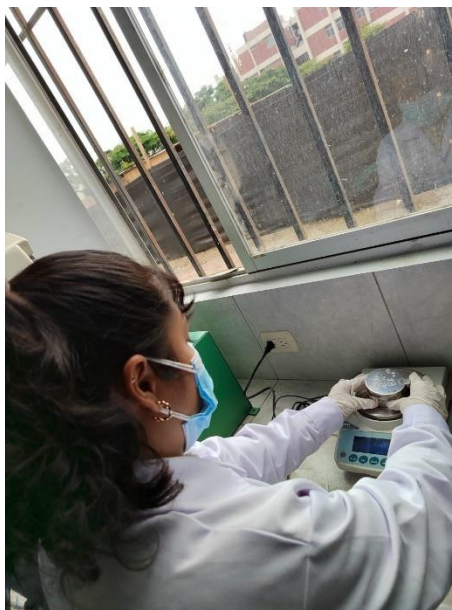
INVESTIGADOR:	<i>Alexandra Nicol Paredes Lopez</i>
PROYECTO:	<i>"ELABORACIÓN DE MATERIAL ABSORBENTE A PARTIR DE RESIDUOS CALCÁREOS RECICLADOS CON MATRIZ DE CERÁMICA PARA LA DISMINUCIÓN DE TRUBIDEZ Y METALES PESADOS EN AGUAS DEL RIO MOCHE- LA LIBERTAD 2022"</i>
MUESTRA:	<i>Agua 75% RC - 900°C</i>

ENSAYO	1	2	3
TURBIDEZ (UNT)	23.95	25.08	24.15
HIERRO (mg/L)	1.34	1.28	1.34
PLOMO (mg/L)	0.053	0.061	0.056
COBRE (mg/L)	0.8	0.79	0.79



Jorge Alejandro Barrios Morúa
ING. DE MATERIALES
C.G.P. N° 197384

ANEXO 5. PANEL FOTOGRÁFICO



ANEXO 3.1: Pesado de Tara



ANEXO 3.2: Ensayo de Límite Líquido en la cuchara de casagrande



ANEXO 3.3: Retirando muestra del ensayo de límite líquido



ANEXO 3.4: Pesaro de muestra del ensayo de límite líquido



ANEXO 3.5: Ensayo de límite plástico



ANEXO 3.6: Retirando muestra del ensayo de límite plástico



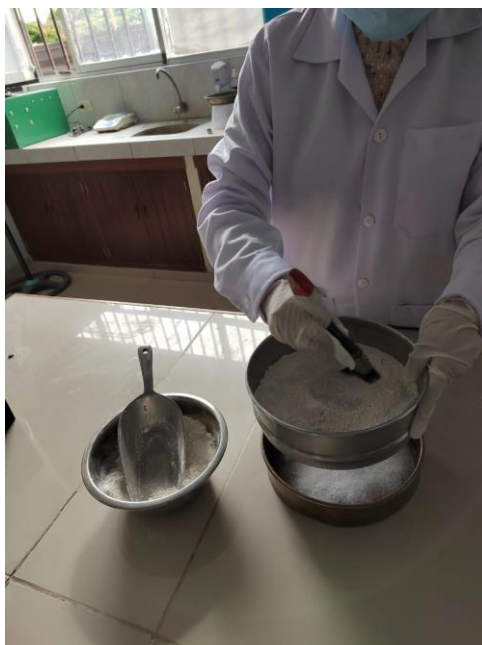
ANEXO 3.7: Colocando muestra para ensayo de humedad



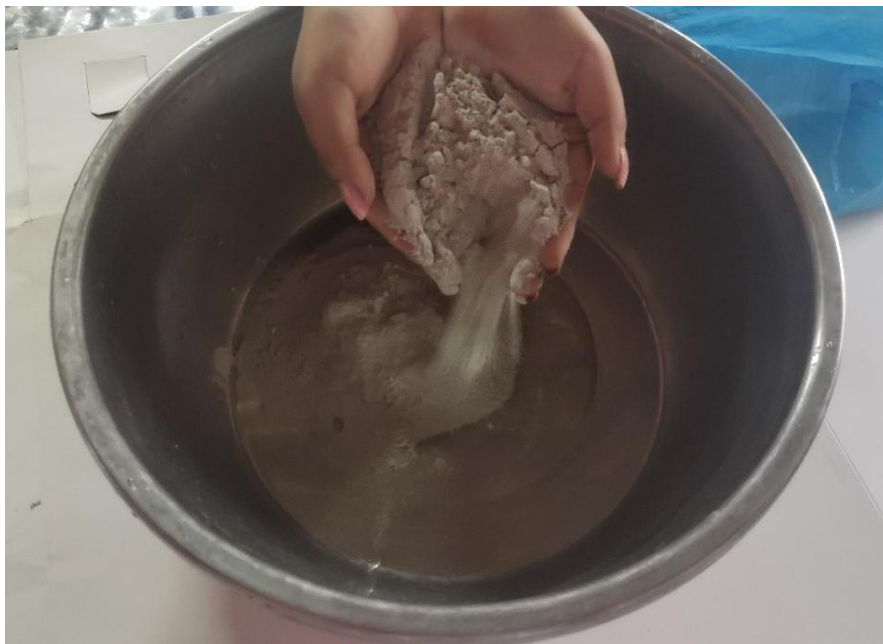
ANEXO 3.8: Colocando muestras en el horno para secado



ANEXO 3.9: Tamizando el caolin por la malla 200



ANEXO 3.10: Tamizando la concha de abanico por la malla 200



ANEXO 3.11: Mezcla de materiales



ANEXO 3.12: Preparacion del material absorbente



ANEXO 3.13: Obtención de los filtros absorbentes