



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Elaboración de un filtro estratificado para la disminución de plomo en el afluente de la Asociación Dignidad Nacional - Chosica, 2019”

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

Bachiller en Ingeniería Ambiental

AUTORES:

Diaz Medrano, Sonia (ORCID: 0000-0002-6518-5654)

Flores Lozada, Maarja Caroline (ORCID: 0000-0002-9772-3859)

Marchán Vargas, Jessica Fabiola (ORCID: 0000-0002-8306-2631)

Olivera Kalafatovich, Juana Guianella (ORCID: 0000-0002-2177-7199)

ASESOR:

Mg. Garzon Flores, Alcides (ORCID: 0000-0001-6454-1592)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2019

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a Dios por concedernos vida y salud, ya que sin ello no podríamos cumplir nuestros objetivos. A nuestros padres y hermanos por inculcarnos valores y estar presente en el transcurso de este largo camino, apoyándonos, motivándonos a no rendirnos. A nuestros profesores quienes se han tomado la ardua labor de transferir sus conocimientos y los consejos dados en su respectivo momento.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el sostén y resistencia en aquellos momentos de impedimento y de debilidad.

Gracias a nuestros padres por ser los primordiales promotores de vuestros sueños, por fiarse y creer en nuestras expectativas y proyectos, por las sugerencias, valores y principios que nos han plasmado.

Agradecemos a nuestros profesores de la Escuela de Ingeniería Ambiental, por dividir sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra carrera, de manera peculiar a nuestro asesor de proyecto de investigación quien nos ha guiado con tolerancia, y su rectitud como docente.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vi
Índice de gráficos.....	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA	11
2.1. Tipo y diseño de investigación	11
2.2. Población, muestra y muestreo.....	11
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	12
2.4. Procedimiento	12
2.5. Método de análisis de datos	15
2.6. Aspectos éticos.....	15
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
IV. CONCLUSIONES.....	32
V. RECOMENDACIONES	33
REFERENCIAS	34
ANEXOS	39

Índice de tablas

Tabla 1: Caracterización de filtros.....	14
Tabla 2: Caracterización inicial	16
Tabla 3: Caracterización final.....	17
Tabla 4: Caracterización inicial y final del plomo (Pb)	21
Tabla 5: Resultados finales.....	24

Índice de figuras

Figura 1: Recolección de la muestra.....	13
Figura 2: Características del carbón activado empleado:.....	14

Índice de gráficos

Gráfico 1: Conductividad.....	18
Gráfico 2: Oxígeno Disuelto.....	19
Gráfico 3: pH.....	20
Gráfico 4: Temperatura.....	21
Gráfico 5: Caracterización final Pb – 15 min.....	22
Gráfico 6: Caracterización final Pb – 30 min.....	23

Resumen

El Proyecto consistió en elaborar un filtro estratificado a partir de carbón activado vegetal (madera de pino) el cual actúa como material adsorbente de los átomos de plomo presente en el agua de la acequia de la Asociación Dignidad Nacional – Chosica, Lima, logrando reducir el índice de contaminación, para ser utilizada en el regadío de hortalizas, que producen los moradores de dicha asociación para abastecer el mercado de Santa Anita.

En el proceso se analizó los parámetros físico-químicos involucrados en el crecimiento eficiente de las plantas tal como el pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura, así como la concentración de plomo disponible en el agua, para evaluar su grado de toxicidad en comparación con los límites máximos permisibles para riego de la normativa vigente.

Para el análisis correspondiente se extrajeron 40 litros de agua del lugar de interés, y fueron vertidos en depósitos plásticos, a una temperatura de 4°C para su conservación a su posterior análisis en el laboratorio.

Para el tratamiento del agua se elaboraron 3 filtros estratificados, a base de bidones de 5 litros los cuales estuvieron compuestos por grava gruesa, gravilla, algodón y carbón activado, este último varió en cuanto a su espesor en cada filtro.

La metodología realizada se basó en la aplicación de diferentes espesores de carbón activado en cada filtro (9, 4.5 y 3 cm) y tiempos de adsorción (15 y 30 min) con el propósito de determinar la Eficiencia de remoción de plomo en los tratamientos. Los resultados mostraron que el carbón activado logra reducir hasta un 75% del metal en estudio, en cuanto al espesor de 9 cm, asimismo se comprobó que con respecto al tiempo a mayor sea este, menor es la remoción obtenida del plomo.

Palabras clave: Carbón activado, filtro estratificado, plomo.

Abstract

The Project consists in developing a stratified filter based on activated carbon (pine wood), which acts as adsorbent material for the lead sensors present in the water of the ditch of the National Dignity Association - Chosica, Lima, managing to reduce the pollution index, to be detected in the irrigated vegetables, produced by the residents of said association to supply the Santa Anita market.

In the process, the physical-chemical parameters involved in the efficient growth of plants such as Ph, electrical conductivity, dissolved oxygen and Asian temperature, such as the concentration of lead available in water, were analyzed to assess their toxicity level compared to the maximum permissible limits for irrigation of the current norms.

For the corresponding analysis, 30 liters of water were extracted from the place of interest, and they were poured into plastic tanks, at a temperature of 4 ° C for preservation after subsequent analysis in the laboratory.

For the treatment of water, 3 stratifieds filters were prepared, a 5 liter drum base which contains compounds made of coarse gravel, gravel, cotton and activated carbon, the latter varied in terms of its thickness in each filter.

The methodology used was based on the application of different thicknesses of activated carbon in each filter (9, 4.5 and 3 cm) and adsorption times (15 and 30 min) in order to change the Efficiency of lead removal in treatments. The results obtained with activated carbon manage to reduce up to 75% of the metal under study, as for the thickness of 9 cm, the risk is verified with respect to time in a larger sea, the lower the removal of lead.

Keywords: Activated carbon, stratified filter, lead

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, las fuentes de agua superficial y subterránea han sido fuertemente contaminadas debido a descargas de diversas sustancias tóxicas entre los cuales están los metales pesados, generando así un severo problema al momento de hacer uso de ellas para fines de consumo humano y/o crecimiento de actividades extractivas tales como la agricultura. Asimismo, debido a la carencia de normativas eficaces de control de contaminación por efluentes de diversos sectores económicos, se ha impactado de manera alarmante los ecosistemas que conforman el cuerpo de agua y su composición misma. Por otro lado, la escasez del agua también constituye un problema cada vez más severo en todos los países, siendo necesario buscar alternativas eficientes para su tratamiento; los metales pesados pueden llegar a alterar todo un sistema acuático; ya que tienen la capacidad de infiltrarse en el agua gracias a su carácter recalcitrante (Lawrence, 2019).

En el Perú el desarrollo económico de las industrias y el crecimiento de urbanizaciones han ido generando contaminación progresiva de la calidad de sus aguas, tal es así que en el año 2012 la Autoridad Nacional del Agua señaló que más del 50% de las fuentes hídricas nacionales, presentaban altos niveles de contaminantes tóxicos en consecuencia de vertimientos de aguas residuales de mineras, industrias, domésticos, entre otros (Sierra y Fernández, 2018). Asimismo, anualmente se vierten aproximadamente 22 TN de As, 44 TN de Pb, 11 TN de Cd, 110 TN de Cu y 331 TN de Zc a recursos hídricos receptores del país, siendo el sector agrícola quien hace uso del mayor volumen de estas aguas para riego de cultivos (Aquino, 2017). Por otro lado, de continuar con esta problemática las cosechas se verán afectadas, así como la salud de las personas que hacen consumo directo de los productos.

En la Asociación Dignidad Nacional, perteneciente a Lurigancho - Chosica y ubicada a la margen derecha del río Rímac, se observa que existe un afluente superficial del río al que ellos llaman "acequia", así como la presencia de aguas subterráneas a 20 metros de profundidad, la población aledaña al río se abastece de estas aguas subterráneas para el consumo humano sin previo tratamiento, por otro lado dentro

de la zona también se ha visto que algunas familias generan ingresos a través de la agricultura, tal es el caso del agricultor Gregorio que se dedica a ese oficio desde 1960, el agua que utiliza para regar sus chacras es proveniente de este afluente que actualmente está siendo contaminado por agentes tóxicos desde la cuenca alta del río Rímac (Juárez , 2012). Las verduras cosechadas en esta chacra tienen como destino el mercado de Santa Anita, repercutiendo de este modo en la salud de los habitantes por la ingesta de alimentos contaminados incidente de metales pesados.

Al respecto Gümüş (2019), señala la importancia de explorar tecnologías de tratamiento de aguas contaminadas que resulten efectivas, económicas y asequibles, siendo de las técnicas más empleados para la reducción de metales pesados durante años (electrolitos, sedimentación, intercambio catiónico, mecanismos de sorción y filtración a través de estratos), el método más económico es el método de sorción o biosorción (carbón) debido a su fácil aplicación, procesamiento y naturaleza de su uso.

En ese sentido, se revisaron trabajos previos de autores que emplearon el carbón activado y filtros estratificados para la remoción de metaloides y parámetros fisicoquímicos, los cuales están ligados al tema. Ante ello los siguientes autores afirman que:

El plomo es uno de los contaminantes más riesgosos para la salud del ser humano y el ambiente; por su composición no es biodegradable y suele acumularse en animales o personas que lo ingieren, así como la toxicidad que presenta a bajas concentraciones, según Manosalva (2016).

Asimismo, Chicote (2018) en su tesis afirma que este metal es proveniente de fuentes como industrias mineras irresponsables que no le dan un previo tratamiento a sus efluentes, externalizando sus pasivos ambientales; pese a que la Constitución Política peruana, en su Art. 22, prohíbe el vertido de todo tipo de sustancia que dañe la calidad del agua.

Para ahondar en el tema se revisó bibliografía de los tipos de tratamientos que ayude a minimizar la presencia de plomo en medios acuosos, por lo que se revisó la investigación de Basso (2000), quien utilizó el carbón activado granular para la remoción de plomo en el agua, teniendo como resultado una eficacia del 95% de

disminución del contaminante, ya que el adsorbente muestra un campo específico de $1100 \text{ m}^2/\text{g}$ y un volumen total de poros de $1 \text{ cm}^3/\text{g}$, siendo este un factor importante para los resultados mostrados; por otro lado Lavado, Sun y Salvador (2010), en su trabajo de indagación evaluaron el porcentaje de absorción de plomo, usando carbones activados, para tal fin, se examinaron los indicadores que intervienen en el transcurso de remoción de plomo en el tratamiento de aguas, tales como: temperatura, tiempo de contacto, pH y razón masa de carbón/volumen de la solución; resultando una eficiencia del 99.9% para la remoción del contaminante de un vertido industrial llegando a remover hasta $142,1 \text{ mg Pb/g}$.

En ese mismo lineamiento, Torres et. al (2018) demuestra que la doble filtración empleado por CAG (Carbón activado granular) es una opción más eficaz en cuanto a la reducción de compuestos orgánicos y producción de agua de calidad; en otra investigación de Wael, M. et. al. (2016) demuestran que la macroalga marina y carbón activado sirven para eliminación de metales del agua, ya que con el uso de técnicas analíticas tuvieron como resultados que la adsorción ocurre a un pH 5, tiempo de contacto 60 min., con una dosis de 0.8 g/L . La eficiencia se notó en 64.5 y 84.7 mg/g para $\text{Cu} + 2$, 62.5 y 84.6 mg/g para $\text{Cd} + 2$, 60.9 y 82 mg/g para $\text{Cr} + 3$, y 68.9 y $83,3 \text{ mg/g}$ para $\text{Pb}+2$.

Además de la efectividad mostrada del carbón activado en cuanto a la remoción de metaloides, otros estudios demuestran que tiene propiedades de adsorción de otros parámetros como la turbidez, color y pH. Al respecto Arana (2016) realizó una investigación para demostrar la efectividad del carbón en la reducción de turbidez y pH obteniendo como resultado que la turbidez disminuyó en un 3.47 NTU hasta la semana 3 que presentó un valor significativo de 0.72 NTU ; el pH inicial fue de 8.50 y para la semana 3 disminuyó en un 8.21 ; como conclusión los parámetros analizados al ser tratados con carbón activado granular mostraron eficacia en cuanto a las propiedades fisicoquímicas mientras que en las microbiológicas disminuyeron significativamente, asimismo Juárez (2012) usó como medio filtrante el carbón activo en el que tuvo los siguientes resultados: Con respecto a la turbiedad obtuvo menores a 0.3 y 0.5 NTU con un 82.98% y 83.06% de reducción, reducción de color en un 76% , un pH de rango $6.5-9$. Ante ello llegó a la conclusión de que el

sistema filtrante a base de carbón activado granular fueron eficaces en la pérdida de turbidez hasta un 80 por ciento.

Méndez *et. al* (2002) aclara que, con el uso de este adsorbente, también demuestra remoción de DQO entre un 60 a 90%.

Para lograr estos resultados eficientes del carbón activado Castellar y García (2011) nos explica que disminuye su capacidad de remoción cuando la dosis del adsorbente se incrementa y aumentando su efectividad por lo cual se concluye que para obtener mayor efectividad de remoción se debe considerar altas concentraciones de este adsorbente al inicio del tratamiento.

En contraste con la eficiencia del tratamiento con carbón activado Hamid, *et. al* (2019) realizó una comparación de los efectos del O₃, carbón activo, filtración, y pretratamientos combinados con ozono-BAC de un efluente, donde tuvieron como resultados que el BAC y O₃ fueron eficaces en reducir color a diferencia de los restos. Se confirma la adsorción y biodegradación de compuestos orgánicos coloreados por filtración con BAC, lo que significa que existen otros tratamientos para la remoción de parámetros fisicoquímicos, y se pueden tomar como alternativas.

El filtro estratificado debe tener ciertos criterios a considerar, para lograr una eficiencia óptima. Al respecto Pereira *et. al* (2013) realizó dos ensayos para evaluar la mejor configuración de las capas del filtro, donde en la primera experiencia obtuvo una turbidez de 0.1 NTU, utilizando los filtros con capa intermedia de carbón activado granular, lo cual no presentaron diferencias en la remoción; en el segundo ensayo el valor de turbidez fue de 2,47 NTU gracias a la filtración lenta, ya que se redujo en más del 55% de la turbidez debido al prefiltro dinámico con un valor de 4.55 NTU y el flujo ascendente con 3.16 NTU; como conclusión se da que la configuración de filtros lentos con manta no tejida y carbón activado granular presentó mayor aporte de remoción de turbidez, y la implementación de una capa de carbón activado granular permitió remover materia orgánica en los filtros lentos.

Por otro lado, Marais, S. et. al (2018) en su estudio usaron dos filtros en el que aplicaron la coagulación y sedimentación, se filtró primero la columna de arena y posteriormente una columna de carbón activado. Ellos agregaron la capa de arena para evitar pérdida de carga. Confirman que se logró eliminar ácido húmico (44%), carbono orgánico disuelto (21.6%), puesto que la eliminación del DOC se consigue a partir del filtro de arena, además hubo una pérdida de carga, posterior a la filtración de GAC.

Asimismo, Haas, Boschi y Grannas (2019) en su artículo utilizaron técnicas de sorción con el fin de separar los metales sorbidos de los no sorbidos. Usaron un filtro de 0.45 μm ; la concentración inicial de metales (As, Be, Cd, Cu, Cr, Pb, Zn) de 5 mg/L con un pH de 7; mientras que con la sorción disminuye hasta el 93% equivalente a un 0.1 mg/L.

Finalmente, Ross, P. et. al (2019) en su trabajo de investigación usaron 4 filtros a base de carbón activado para comparar los efectos antes y posterior al tratamiento, en el que observaron de que todos los filtros empleados tuvieron una eficiencia en cuanto a la mejora de la calidad del agua, esto se debió en particular a la adsorción de la actividad de la biomasa en el interior del filtro.

Para comprender el enfoque de nuestra investigación, definimos en primera instancia que un tratamiento convencional abarca tecnologías tanto para la captación como el almacenamiento de agua; por otro lado la filtración fue uno de los primeros tratamientos utilizados para la purificación del agua, Venecia fue uno de los primeros países en aplicar la técnica a gran escala posteriormente Francia en el siglo XVII Y XIX se dedicó a la comercialización de agua filtrada; durante este periodo se dieron a conocer los medios filtrantes para la filtración de agua como el carbón activado y la arena.

La coagulación, floculación, sedimentación y filtración forman parte de un tratamiento convencional o ciclo completo (Hoslet. J, 2018).

Para establecer un tratamiento convencional se deben tomar en cuenta condiciones operativas que garanticen la variabilidad del tratamiento, todos los procesos que forman parte del tratamiento deben estar relacionados entre sí dentro de ellos podemos encontrar al proceso unitario de filtración (Sloboda, 2013).

Por otro lado, Pin Gao et.al, 2012 afirma que la aplicación de un filtro estratificado constituye hoy en día uno de las primeras técnicas para tratar el agua y mejorar su calidad; la principal función es eliminar las partículas a través de su transporte donde el fluido pasará a través de un lecho lleno de medios filtrantes o fibrosos por mecanismos de transporte, intercepción, agregación, sedimentación y difusión.

La deposición de las partículas dentro del filtro depende de su transporte a través de la corriente de la superficie del medio filtrante y las partículas previamente adheridas, sin embargo, durante el proceso pueden quedar partículas individuales en la corriente que no se han adherido al medio filtrante. Tradicionalmente los medios granulares más utilizados son de tipo lento y rápido como es el caso de la arena, tierra de diatomeas que han demostrado ser eficientes en el momento de descartar los contaminantes orgánicos e inorgánicos (p.2).

Antiguamente se pensaba que la función de un filtro era solo retener partículas a través del cernido, sin embargo, hoy en día el filtro tiene la capacidad de eliminar metales pesados con pesos moleculares elevados en un cuerpo receptor según lo afirma (Erostequi, p.1). De acuerdo con Arana (2016) sostiene que las fuerzas que mantienen a las partículas en suspensión adheridas a la superficie el medio filtrante son los mecanismos complementarios de transporte y adherencia (p.15).

Asimismo, Cristobal (s. f) sostiene que el mecanismo de transporte está influenciado por las características físicas y químicas de un afluente, este mecanismo es considerado como una manifestación físico e hidráulica incentivado por parámetros de transferencia de masa. Las principales estrategias de movilización son la acción hidromecánica, sedimentación, cernido, difusión e impacto inercial (p.2).

Mientras que Arana (2016) afirma que estos mecanismos facilitan la adherencia de los gránulos y las partículas transportadoras, esto se da principalmente por las condiciones de adherencia de las partículas transportadas que están relacionadas con las características de las superficies, estas se pueden adherir directamente a la superficie como a las partículas retenidas en el lecho.

Los principales mecanismos de adherencia se establecen por el intercambio entre fuerzas electrostáticas y de Van Der Waals. Dentro de la interfaz sólido-líquido existe una capa de iones de carga contraria a la de un sólido conocida como capa estacionaria y otra a la vez de iones esparcidos denominada capa difusa, esta capa doble electroquímica determina una repulsión entre las partículas suspendidas con las cargas eléctricas iguales; Van Der Waals estableció las fuerzas de atracción entre los átomos como en las partículas para explicar la diferencia entre los vapores, gases ideales como los reales (p.17).

Así mismo, la eficacia de un filtro depende de las características de suspensión y el medio filtrante, por ello los factores que intervienen directamente en la filtración son el tipo y tamaño de partículas suspendidas presentes en el afluente ya que puede ocasionar una curva de disminución de carga; el tipo de partícula pequeña influye en la eficiencia de la filtración mientras que el tamaño de la partícula menor del orden 1 μm tienen menos probabilidad de tener contacto entre la partícula suspendida y el grano del medio filtrante (p.7-8).

Por otro lado, la temperatura también se considera como un factor importante dentro del proceso de filtración ya que el aumento de la temperatura de un fluido conlleva a una mayor eficiencia impulsando la difusión, por otro lado, el efecto sobre la velocidad y la simplificación de la viscosidad permite los procesos de sedimentación de partículas mayores a 1 μm (Cristobal, s.f).

Para mostrar la eficiencia de un filtro se han considerado medios filtrantes como un soporte para que las demás capas iniciales se vayan incorporando al filtro verdadero; un medio filtrante debe ser resistente a la acción corrosiva del fluido, deben tener una determinada granulometría y granos específicos con un peso ideal,

el tipo más común utilizado para líquidos corrosivos es el carbón activado granular ya que tiene la suficiencia de aspirar todo tipo de contaminante al pasar por el lecho filtrante del filtro; las características más relevantes a considerar son el tipo, tamaño y espesor de la capa filtrante (Cristobal, s.f, p.9).

Como ejemplo de un medio filtrante tenemos al carbón activado que es considerado como uno de los materiales carbonosos más usados gracias a su compleja estructura y propiedad similar al grafito, además de ello es extremadamente poroso; la temperatura y la penetración de vapor en la sucesión de elaboración del carbón activo crea la porosidad dejando esa estructura similar a la de un esqueleto; por otro lado el área de su superficie varía en función al proceso de activación dependiendo de la temperatura, además de ello tiene la capacidad de adherir sustancias (Cristobal, s.f, p.21). La compleja utilización del carbón activo en el tratamiento de aguas ha sido investigada únicamente para la remoción de contaminantes orgánicos.

Sin embargo (Zhang. J, 2017) nos dice que las moléculas en la fase gaseosa o líquida serán adheridas a la superficie del carbón activo, el transcurso de adsorción se da en tres pasos tales son el macrotransporte donde el material orgánico se mueve a través del sistema de macro poros del carbón activado (>50nm) reteniendo moléculas más grandes tales como colores intensos y sustancias húmicas generadas a raíz de la descomposición de la materia orgánica; dentro del segundo proceso de microtransporte el material orgánico se mueve a través de los microporos del carbón activado (microporo <2 nm / mesoporo 2-50 nm), reteniendo moléculas pequeñas correspondientes a compuestos volátiles tales como olores, sabores y solvente; como tercer y último proceso tenemos a la absorción donde la adhesión física se da en los macroporos y microporos, el carbón activado tiene la capacidad de adherir moléculas, iones y átomos.

Generalmente la forma y tamaño del carbón granular se presenta en gránulos irregulares en el orden de 1 y 5 mm, las características físicas más relevantes son la dureza y el tamaño de la partícula, mientras menor sea el tamaño de los gránulos mayor será la rapidez con la que trabajaran, pero la desventaja será una mayor

caída de presión facilitando la incorporación del adsorbato a la superficie interna del carbón (Ridwan. A, 2019, p. 20).

Una de las ventajas de un post filtro con carbón activado granular es mayor flexibilidad, lavados con menor frecuencia proporcionando mayor estratificación, provee barreras adicionales previniendo la penetración microbiana (Arana, 2016).

A raíz de lo expuesto líneas arriba, se genera la siguiente pregunta ¿De qué manera influye el filtro estratificado en la disminución de plomo en el afluente de la Asociación Dignidad Nacional - Chosica, 2019? a través del cual se desglosan cuestiones específicas como: ¿De qué manera influye el espesor de los estratos en la disminución de plomo en el afluente de la Asociación Dignidad Nacional - Chosica, 2019? ¿De qué manera influye el espesor del carbón activado granular en la disminución de plomo en el afluente de la Asociación Dignidad Nacional - Chosica, 2019?

En los últimos cinco años el Perú ha enfrentado una crisis de conflictividad social producto de la falta de liderazgo, mentiras y el olvido del gobierno central. La investigación es de bastante interés puesto que hoy en día la polución en la cuenca baja del río es evidente sobre todo en los alrededores donde se sitúan asentamientos humanos. La polución se está apoderando y enfermando los cuerpos de agua; en todo su trayecto el río es bombardeado por relaves mineros en la cuenca alta, en la cuenca media por actividades agrícolas mientras que en la parte baja el sector urbano industrial se apodera de ella; sabemos que el agua es origen de vida y desarrollo, por consiguiente; su uso será en primer lugar para el consumo humano, segundo agricultura, tercero ganadería y por último actividades productivas que requieran menor uso, a partir de esta necesidad se deben de adoptar medidas pertinentes para reservar el recurso.

Para la elección del método de reducción de parámetros fisicoquímicos tomamos como referencia a Arana (2016) que coincide con Manosalva (2016), en que los purificadores hechos a base de carbón activado granular muestran gran efectividad en la disminución de la turbidez con un 80% de efectividad. Por otro lado, Basso (2000) y Lavado, Sun y Salvador (2010), nos demuestran que las propiedades de

absorción del carbón activado son también efectivas hasta un 99.9% en el tratamiento de aguas con concentraciones de plomo y cadmio; metales que Según Henry (2012) son los principales contaminantes del río Rímac como efecto de los movimientos mineras que se ejecutan en la cuenca alta. Por otro lado, el carbón activado es un componente que se puede utilizar para destilar químicos y microorganismos del suelo y agua repugnante, que consiste en hacer pasar el efluente por un medio filtrante diseñado con carbón activado; los químicos se adhieren en los microporos de dichas superficies purificando el agua, eliminando olor, color y sabor; es por ello que es muy utilizado para todos los tratamientos de cuerpos de aguas (Viquez, 2015).

Por consiguiente, el objetivo general es analizar la eficiencia del filtro estratificado en la disminución de plomo en el afluente de la Asociación Dignidad Nacional - Chosica, 2019. Y como objetivos específicos; determinar la influencia del espesor de los estratos en la disminución de plomo y determinar la influencia del espesor del carbón activado granular en la disminución de plomo en el afluente de la Asociación Dignidad Nacional - Chosica, 2019.

II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo y diseño de investigación

Este estudio es de tipo aplicada, ya que profundiza en la aplicación de teorías relacionadas con el tratamiento de agua a partir de un filtro estratificado en base a carbón activado granular; el diseño de investigación realizado es experimental correspondiendo a una cuasi - experimental, porque se basa en estudiar el efecto que puede tener la variable independiente (filtro estratificado) sobre la variable dependiente (disminución de la concentración de plomo), a fin de dar solución a la problemática identificada.

2.2. Población, muestra y muestreo

2.2.1. Población

La población de esta investigación corresponde a la acequia (afluente), que fluye por la Asociación de Propietarios Dignidad Nacional ubicada en el margen derecho del río Rímac perteneciente al distrito de Lurigancho - Chosica.

2.2.2. Muestra y muestreo

La muestra fue tomada directamente del afluente constituido en la Asociación de Propietarios Dignidad Nacional ubicada en el margen derecho del río Rímac en el distrito Lurigancho - Chosica, la extracción se dio en tres tiempos: 1 litro a las 4 pm (hora donde se presume hay mayor contaminación, no se captan las aguas para el regadío), 40 litros a las 8 am (hora donde suelen tomar las aguas del afluente para el regadío) y 1 litro 12 pm (hora donde el agua transcurre pero por ser medio media no captan las aguas para el regadío), siendo la muestra de la hora 8 am considerado para el pasado de los 3 filtros, toda vez que es el más apropiado para fines de la investigación.

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

2.3.1. Técnicas

El muestreo realizado fue manual siguiendo las pautas del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, considerando el dominio de las muestras en río con baja caudal.

2.3.2. Instrumentos para la recolección de datos

- Conductímetro de mesa
- Oxímetro digital
- pHmetro digital
- Turbidímetro de mesa
- Balanza analítica
- Cooler

2.3.3. Validez y confiabilidad

Los datos obtenidos tienen una validez y confiabilidad alta por lo que al momento de analizar los parámetros cada muestra tuvo una repetición de tres veces, con herramientas de recolección de datos netamente calibrados, los cuales fueron proporcionados por los laboratorios de esta Universidad.

2.4. Procedimiento

2.4.1 Recolección de la muestra de agua

La muestra de agua fue recolectada del afluente de la asociación de propietarios Dignidad Nacional, Lurigancho - Chosica, en el margen derecho del río Rímac. Se delimitaron 3 puntos, para los análisis fisicoquímicos a lo largo de dicho afluente donde se georreferenciaron (31N 166021 0 - 18S 292577 8670982; 31N 166021 0 - 18S 292673 8671068 y 31N 166021 0 - 18S 292765 8671097 respectivamente) Para fines de análisis de la concentración de plomo se delimitaron 3 horas a lo largo del día del punto 31 N 166021 0 - 18S 292765 8671097, a las 8 am, a las 12 pm y 4 pm, en los cuales se tomó el ejemplar a 20 cm de profundidad, evitando levantar sedimentos. Por otro lado, todas las

muestras fueron rotuladas, almacenadas y conservadas en un cooler e inmediatamente llevadas al laboratorio de calidad para ser analizadas fisicoquímicamente e inorgánico.

Figura 1: Recolección de la muestra



Fuente: Elaboración propia

2.4.2 Características de filtro

Chiclote y Yuliana (2018) en su tesis de investigación utilizan espesores definidos por Aqueous solutions. Para esta investigación se modificarán los espesores de acuerdo a la finalidad de la investigación planteada:

Tabla 1: Caracterización de filtros

Caracterización de filtros			
Estratos	Filtro A	Filtro B	Filtro C
Piedra grande	6 cm	6 cm	6 cm
Gravilla	4 cm	4 cm	4 cm
Carbón activado	3 cm	4.5 cm	9 cm
Gravilla	4 cm	4 cm	4 cm
Piedra grande	6 cm	6 cm	6 cm

FUENTES: Elaboración propia

Figura 2: Características del carbón activado empleado:

Parámetro	Especificación		Calgon Carbon Metodo Análisis
	Min	Max	
NUMERO DE YODO, mg/g	850	-	ASTM D4607
HUMEDAD (al empacado), peso%	-	2	ASTM D2867
NUMERO DE ABRASION	75		TM-9, AWWA B604
TAMAÑO DE PARTICULA, mm	0.55	0.75	ASTM D2862
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	-	1.9	ASTM D5228
DENSIDAD APARENTE, g/cc	0.54	-	ASTM D2854
DIAMETRO MEDIO DE PARTICULA, mm	0.9	1.1	TM-23
12 US MESH [1.7 mm], wt%	-	5.0	ASTM D2862
< 40 US MESH [0.425 mm] (PAN), wt%	-	4.0	ASTM D2862

FUENTES: Ficha técnica del Calgon Carbón

Filtro estratificado A	Filtro estratificado B	Filtro estratificado C
		

Fuente: Elaboración propia

2.5. Método de análisis de datos

Para ejecutar los datos de esta indagación se hizo uso del programa spss, excel. Por otro lado, la observación y registro de datos fueron esenciales para el desarrollo del método experimental.

2.6. Aspectos éticos

Para la ejecución de esta investigación cuasi experimental se tuvo siempre en cuenta la fidelidad de los resultados, técnicas validados, el uso de información fue respetando a la propiedad intelectual. De igual forma, hubo un respeto por el medio ambiente y política.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Parámetros fisicoquímicos

Tabla 2: Caracterización inicial

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS			
Caracterización inicial			
Parámetro	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Conductividad	3018 uS/cm	2753 uS/cm	3034 uS/cm
	3046 uS/cm	2564 uS/cm	3156 uS/cm
	3020 uS/cm	2765 uS/cm	3185 uS/cm
Oxígeno disuelto	5,10 mg/L	5.12 mg/L	15.04 mg/L
	5.01 mg/L	5.11 mg/L	4.98 mg/L
	4.51 mg/L	4.98 mg/L	4.81 mg/L
pH	8.5	8.5	8.6
	8.3	8	8.4
	8.1	7.9	8.3
Temperatura	20.2 °C	22 °C	20.1 °C
	20 °C	21.1 °C	21 °C
	20.5 °C	20.3 °C	21.3 °C

FUENTE: *Elaboración propia*

Interpretación: Se muestran los valores iniciales de los parámetros fisicoquímicos que se obtuvieron después de los análisis en el laboratorio, los cuales reflejan valores que superan los estándares de calidad establecidos para riego, según la normativa vigente.

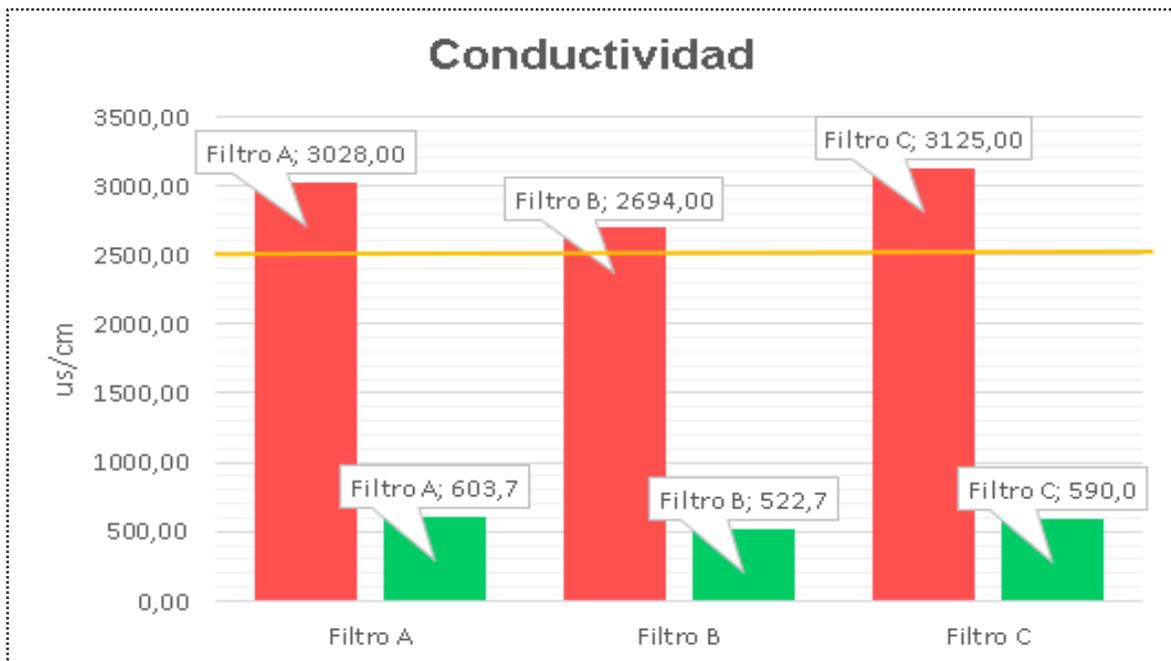
Tabla 3: Caracterización final

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS			
Caracterización final			
Parámetro	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Conductividad	606 uS/cm	425 uS/cm	615 uS/cm
	595 uS/cm	573 uS/cm	585 uS/cm
	610 uS/cm	570 uS/cm	570 uS/cm
Oxígeno disuelto	4.23 mg/L	4.48 mg/L	4.31 mg/L
	4.12 mg/L	4.23 mg/L	4.28 mg/L
	3.91 mg/L	4.48 mg/L	3.32 mg/L
pH	7.5	7.2	7.2
	7.4	7.2	7.1
	7.3	7.1	7
Temperatura	16.3 °C	19 °C	17.7 °C
	15.7 °C	18.3 °C	18.1 °C
	17.3 °C	17 °C	18.2 °C

FUENTE: *Elaboración propia*

Interpretación: Los valores mostrados, fueron obtenidos después de someter la muestra al filtro estratificado a base de carbón activado a diferentes medidas de espesor, reflejando una reducción significativa en los parámetros analizados sobre todo en los más influyentes para el riego, como es la temperatura y el pH.

Gráfico 1: Conductividad

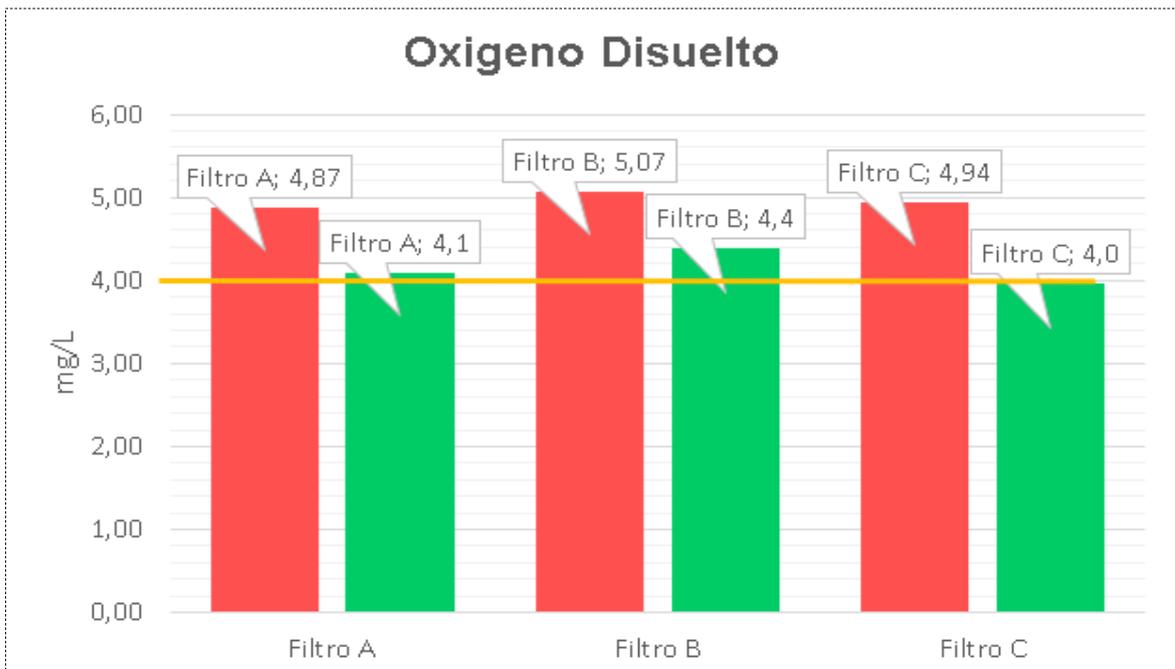


FUENTE: *Elaboración propia*

Interpretación: Al analizar la muestra inicial del efluente el parámetro sobrepasa el ECA (2500 us/cm) esto se debe principalmente al exceso de fertilizantes utilizados durante el cultivo ya que a mayor cantidad puede provocar un exceso o carencia de nutrientes en las plantas originando que estas no puedan absorberlas por sí mismas de tal manera que se acumulan en el sustrato provocando una saturación por el exceso de sales.

Durante el procedimiento se obtuvo que el filtro C tuvo mayor eficiencia en cuanto a la reducción de la conductividad debido a que este presenta mayor cantidad de CAG (9 cm) y mayor área de superficie por ende la adsorción de sales será más eficiente.

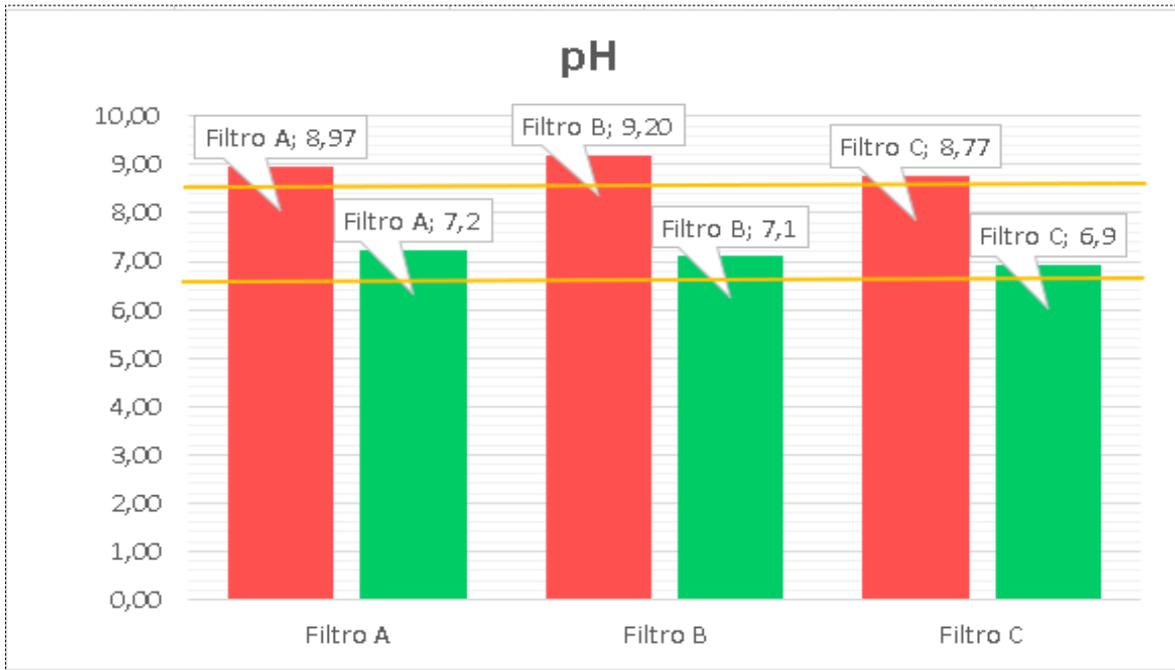
Gráfico 2: Oxígeno Disuelto



FUENTE: *Elaboración propia*

Interpretación: El ECA establece ≥ 4 mg/L para riego, según el análisis la lectura no sobrepasa el ECA esto quiere decir que los niveles de oxígeno en el agua son aptos para la supervivencia de los organismos y por tanto es óptima, sin embargo, la presencia del oxígeno disuelto se debe en mayor parte a la fotosíntesis de las plantas acuáticas; dicha cantidad de oxígeno está íntimamente relacionada con la temperatura del efluente.

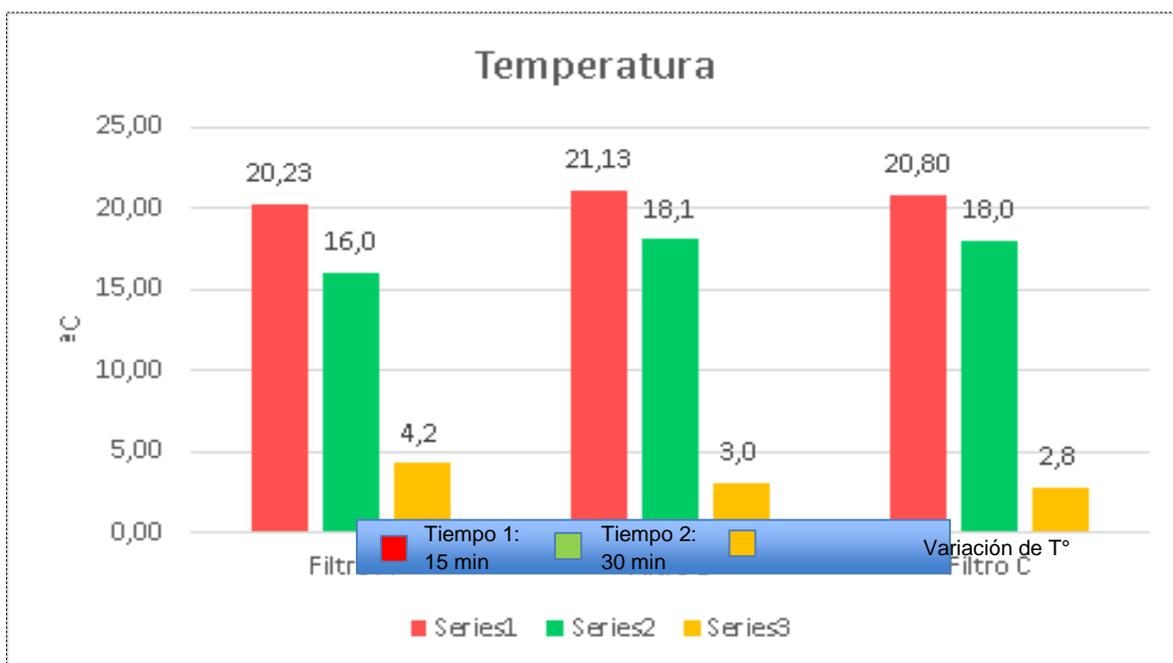
Gráfico 3: pH



FUENTE: *Elaboración propia*

Interpretación: El ECA establece un rango entre el 6.5 - 8.5, eso refiere a la medida de acidez en el agua; de acuerdo a los resultados obtenidos podemos observar que este parámetro sobrepasa el ECA esto se debe en particular al pH del sustrato, como también el uso excesivo de fertilizantes que dificulta la solubilidad de los nutrientes en el suelo haciendo imposible que las plantas sean capaces de captarlos y metabolizarlos.

Gráfico 4: Temperatura



FUENTE: Elaboración propia

Interpretación: El ECA establece un rango de $\Delta 3$ dependiendo de la temperatura en la que se encuentre el líquido la planta se podrá alimentar bien o mal; de acuerdo a los resultados obtenidos podemos observar que este parámetro no sobrepasa el ECA sin embargo se estipula que el agua para riego debería estar en un rango de 18 a 24^a C para que la planta asimile de forma eficiente los nutrientes.

3.2. El parámetro inorgánico (Pb)

Tabla 4: Caracterización inicial y final del plomo (Pb)

PARÁMETRO INORGÁNICO – PLOMO		
Caracterización inicial de la concentración del Pb		
Muestra 1 - Hora 4pm	Muestra 2 - Hora 8 am	Muestra 2 - Hora 12 pm
0.17 mg/L	0.10 mg/L	0.08 mg/L

FUENTE: Elaboración propia

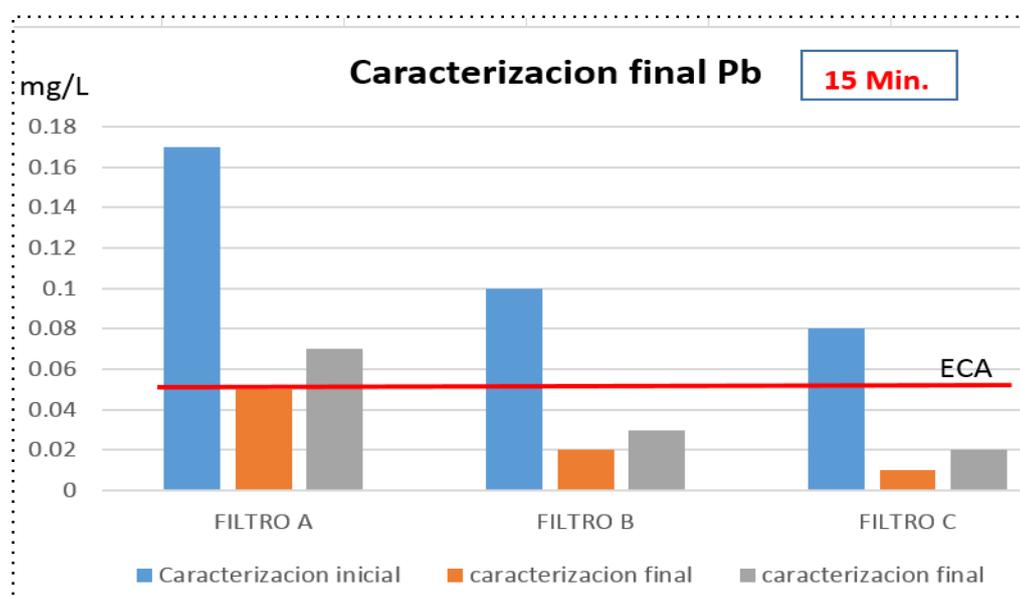
Caracterización final de la concentración del Pb – Muestra 2			
Minutos	FILTRO A ESPESOR CAG 3 cm	FILTRO B ESPESOR CAG 4.5 cm	FILTRO C ESPESOR CAG 9 cm
15	0.05 mg/L	0.02 mg/L	0.01 mg/L
	0.07 mg/L	0.03 mg/L	0.02 mg/L
30	0.08 mg/L	0.05 mg/L	0.03 mg/L
	0.10 mg/L	0.06 mg/L	0.04 mg/L

FUENTE: *Elaboración propia*

Interpretación: Los valores mostrados, fueron obtenidos después de someter la muestra al filtro estratificado a base de carbón activado a diferentes intervalos de tiempo reflejando una reducción significativa del plomo en el Filtro C, el cual contiene un espesor de 9 cm.

Los datos obtenidos por el monitoreo evidencian que los niveles del plomo sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental con respecto al agua, pues estas muestran resultados de 0.17 mg/L, 0.10 mg/L y 0.08 mg/L, lo cual indica que el agua no está apta para riego y por ende es riesgoso para el cultivo de hortalizas en la zona de la Asociación de propietarios Dignidad Nacional.

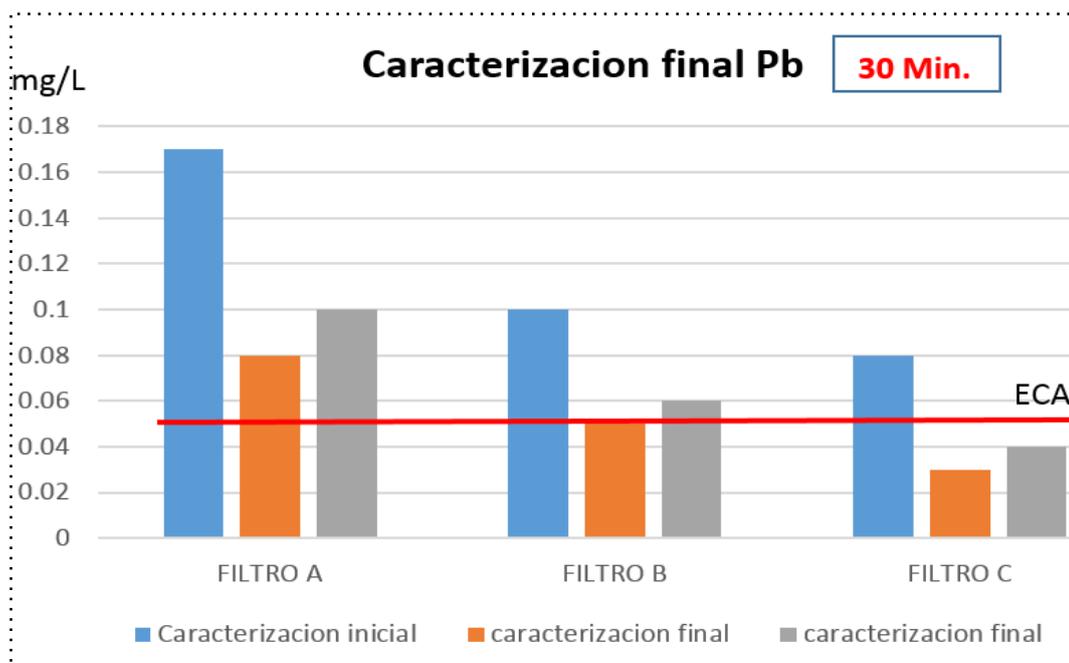
Gráfico 5: Caracterización final Pb – 15 min



FUENTE: *Elaboración propia*

Interpretación: En el gráfico se muestra la caracterización inicial y final del plomo, en donde se puede apreciar que inicialmente el parámetro inorgánico sobrepasa los estándares de calidad ambiental de 0.05 mg/L con lo que respecta al agua para riego de vegetales. Por el otro lado, una vez filtrado por los diferentes estratos de filtro se obtuvo que el filtro C tiene mayor eficiencia en cuanto a la disminución de plomo con un valor de 0.01 mg/L y 0.02 mg/L durante los 15 minutos con dos pasadas respectivamente, ante ello se puede decir que el espesor del carbón activado si influye en la reducción del plomo.

Gráfico 6: Caracterización final Pb – 30 min



FUENTE: *Elaboración propia*

Interpretación: En el gráfico se muestra la caracterización inicial y final del plomo, donde el filtro C sigue teniendo mayor eficiencia a diferencia de los otros, con un valor de 0.03 mg/L y 0.04 mg/L durante los 30 minutos con dos pasadas respectivamente, mientras que el filtro A tiene un 25% de remoción del adsorbato y aquí influye el espesor del CAG.

Tabla 5: Resultados finales

PARÁMETROS	FILTRO A	FILTRO B	FILTRO C	ECA
Conductividad	603.7	522.7	590	2500 uS/cm
Oxígeno disuelto	4.1	4.4	4.0	>=4 mg/L
pH	7.4	7.2	7.1	6.5 - 8.5
Temperatura	16	18.1	18	▲ 3
Plomo 15 min.	0.085	0.025	0.015	0.05 mg/L
Plomo 30 min.	0.09	0.055	0.035	

FUENTE: Elaboración propia

3.3. Porcentaje de remoción

Fórmula:

$$\%R = \frac{(\text{Concentración inicial} - \text{concentración final})}{\text{Concentración inicial}} \times 100\%$$

FILTRO A (Espesor de CAG 3 cm)	$\%R = (0.10 - 0.075) / 0.10 \times 100\%$ %R= 25%
FILTRO B (Espesor de CAG 4.5 cm)	$\%R = (0.10 - 0.0375) / 0.10 \times 100\%$ %R= 60%
FILTRO C (Espesor de CAG 9 cm)	$\%R = (0.10 - 0.0175) / 0.10 \times 100\%$ %R= 75%

FUENTE: Elaboración propia

3.4. Pérdida de Carga

PÉRDIDA DE CARGA					
Filtro A		Filtro B		Filtro C	
Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
3000 ml	1600 ml	3000 ml	1920 ml	3000 ml	2280 ml
1400 ml		1080 ml		720 ml	

FUENTE: Elaboración propia

Interpretación: En el cuadro podemos observar que la pérdida de carga en el filtro A (espesor de CAG 3 cm) es de 1400 ml, en el filtro B (espesor de CAG 4.5 cm)

1080 ml y en el filtro C (espesor de CAG 9 cm) es de 720 ml, donde se deduce que, a mayor espesor del carbón activado, la pérdida de carga es menor y viceversa.

3.5. Análisis estadístico

Distribución normal

La distribución de probabilidad normal (también llamada distribución gaussiana) es una de las distribuciones continuas más comúnmente utilizadas en la rama de la estadística (Levine, 2014), pues sirve para estudiar a determinadas variables que toman valores intermedios con alta probabilidad y escasamente presentan valores extremos, es decir una prueba de normalidad evalúa si la población de la que se han extraído datos muestrales presenta una distribución normal de probabilidades (Romo, 2016).

Existen muchos métodos o pruebas para corroborar la normalidad, dentro de las cuales están: Chi-cuadrada para bondad de ajuste, Kolmogorov, Shapiro-Wilks y Anderson-Darling (Levine, 2014).

Para nuestra investigación utilizamos la prueba de shapiro-wilk, el cual es de aplicación para un tamaño muestral relativamente pequeño (igual o inferior a 50 elementos) y con un nivel de confianza de 90 a 99% (Romo, 2016), en nuestro caso usamos al 95% = 0.05.

3.5.1. Pruebas de normalidad

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Espesor_carbón	0,855	18	0,010
Tiempo de filtración	0,807	18	0,002
Concentración de plomo	0,878	18	0,024

FUENTE: *Elaboración propia*

H_0 = La muestra proviene de una distribución normal

H_1 = La muestra no proviene de una población con distribución normal

Interpretación: En el gráfico anterior a simple vista podemos dar cuenta que el nivel de significancia (0.010, 0.002 y 0.024) es menor a 0.05 lo que implica que no son normales los datos y por ende nos corresponde realizar una prueba no paramétrica, siendo la correlación a utilizar la de Spearman.

3.5.2. Coeficiente de correlación de Spearman

La correlación de Spearman o Rho de Spearman es una técnica no paramétrica que cumple la finalidad de medir el grado de asociación entre dos variables aleatorias cuantitativas. Este método es aplicado cuando el número de datos que se desea analizar es menor a 30 (Barrera, 2014), donde su rango de correlación fluctúa entre los valores (Martínez, 2009):

RANGO	RELACIÓN
De -1.00 a -0.5	Correlación negativa perfecta
De -0.5 a 0.0	Correlación negativa fuerte-moderada-débil
0	No existe correlación
De 0.0 a 0.5	Correlación positiva
De 0.5 a 1.0	Correlación positiva fuerte

Asimismo, otro valor que suele considerarse para el nivel de asociación de variables es la "significación α " o "p_valor", el cual debe cumplir la siguiente condición (Barrera, 2014):

$$p = 0.05 = 5\%$$

Si $p \geq$ se acepta la hipótesis nula (H_0)

Si $p <$ se rechaza H_0 y se acepta la hipótesis alterna (H_1)

Las hipótesis planteadas para la investigación se detallan a continuación:

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	Las medianas de PLOMO son las mismas entre las categorías de MEDIDAS.	Prueba de medianas de muestras independientes	,000 ^{1,2}	Rechazar la hipótesis nula.
2	La distribución de PLOMO es la misma entre las categorías de MEDIDAS.	Prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	,000 ¹	Rechazar la hipótesis nula.

FUENTE: *Elaboración propia*

HO: La distribución de las medidas del plomo antes del filtro estratificado son las mismas con la distribución final del plomo.

H1: La distribución de las medidas del plomo antes del filtro estratificado son diferentes con la distribución final del plomo.

Correlaciones				
			Espesor_carbón	Tiempo
Rho de Spearman	Plomo	Coefficiente de correlación	-,855**	-,118
		Sig. (bilateral)	,000	,642
		N	18	18

FUENTE: *Elaboración propia*

Interpretación: En el gráfico anterior se observa que la variable “espesor de carbono” presenta una fuerte correlación negativa con el variable objetivo “Concentración de plomo” (-0,855), lo que significa que la relación es inversamente proporcional. Para el caso de la variable “Tiempo” con la variable “Concentración de plomo” tienen un grado de correlación débil (-0.118), por lo que se entiende que esta variable no influye significativamente en la disminución de plomo.

Por otro lado, se evidencia que el p valor entre la variable “Espesor de carbón” y “Concentración de plomo” corresponde a una correlación significativa muy alta y real ($0.00 < 0.05$).

Conclusión: Se rechaza la hipótesis nula (H_0), puesto que la significancia (0.000) es menor a α (0.05) y se acepta la hipótesis alterna (H_1); que interpreta que la distribución de las medidas del plomo antes del filtro estratificado es diferentes con la distribución final del plomo, esto indica que el filtro estratificado influye significativamente en la disminución de plomo en el afluente de la asociación Dignidad Nacional - Chosica.

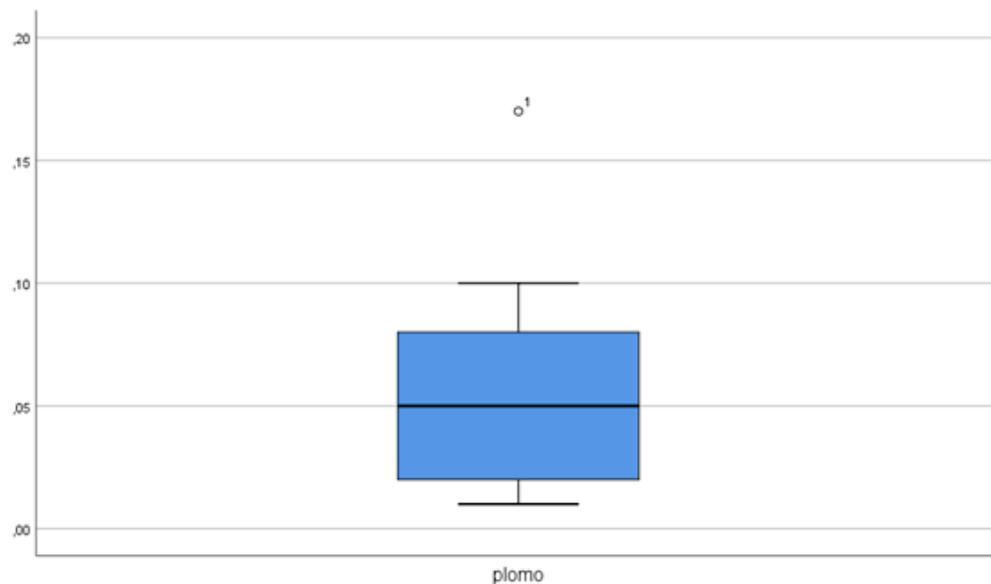
3.5.3. Análisis descriptivo de la variable (concentración de plomo)

Para realizar un análisis individual de la variable “concentración de plomo”, aplicaremos el gráfico de diagrama de cajas o también llamado gráficos de bigotes, este diagrama nos permite identificar la distribución y la dispersión de datos de una variable, en el cual se exporta los valores mínimos, máximos, mediana y valores atípicos (Gil, 2016).

		Estadístico
plomo	Media	,0561
	95% de intervalo de confianza para la media	
	Límite inferior	,0362
	Límite superior	,0760
	Media recortada al 5%	,0523
	Mediana	,0500
	Varianza	,002
	Desviación Estándar	,040
	Mínimo	,01
	Máximo	,17
	Rango	,16
	Rango intercuartil	,06
	Asimetría	1,393
	Curtosis	2,553

FUENTE: Elaboración propia

Gráfica de caja



FUENTE: *Elaboración propia*

Interpretación: Como se observa en el gráfico los datos de la variable concentración del plomo presentan una desviación estándar de 0.040, por otro lado, se observa un valor atípico el cual posiblemente se deba al primer análisis de concentración de plomo en el punto 1, los demás valores se encuentran bajos a comparación de este.

Si bien es cierto, el plomo puede privar el crecimiento celular de las plantas siempre y cuando sea a concentraciones prominentes y este es el caso. Indican que estas se aglomeran en el suelo y que la mayoría se juntan en los primeros centímetros, lo que implica que las hortalizas de tallo corto son las más vulnerables, puesto que la Ley General de Aguas establece 0.10 mg/L para aguas destinadas al riego de vegetales de consumo crudo. Por el contrario, Juárez (2015) obtuvo resultados 0.09 mg/L (año 1997), 0.08 mg/L (año 1998), 0.16 mg/L (año 1999), 0.26 mg/L (año 2000), 0.08 mg/L (año 2001), 0.21 mg/L (año 2002), 0.09 mg/L (año 2003) y 0.09 mg/L (año 2004), todos los análisis fueron realizadas por SEDAPAL, en el que 80% de los puntos de monitoreo han sobrepasado los ECA, lo que indican que la polución del plomo ha venido afectando años tras años en la cuenca alta, media y baja, esto se debe por los

distintas fuentes de contaminación como desagües, minerías, residuos sólidos, efluentes industriales, etc., también la contaminación puede variar con respecto al tiempo y lugar.

Al respecto Lavado, Sun y Salvador (2015) prepararon carbón activado a base de astillas de eucalipto donde tuvieron una remoción del 99.9% (absorción de hasta 142.1 mg pb/g) de plomo, destinada al efluente industrial, con un pH 5. Con respecto a Ross et al. elaboraron su plan piloto con 3 filtros de altura de 3.2 m, tuvieron eficiencia en la calidad del agua, ya que ellos hicieron un pre tratamiento por coagulación y sedimentación y posteriormente recién filtraron el agua.

Por otro lado, el filtro estratificado por piedra grande, gravilla, arena gruesa y carbón activado influyó significativamente en la disminución de plomo en el afluente de la asociación Dignidad Nacional, puesto que llegó a reducir el contaminante (plomo) en un 25%, 60% y 75% respectivamente, esto se debió por la capacidad de remover metales pesados. Sin embargo, hubo una limitación en lo que es la pérdida de carga; si bien es cierto entraron 3000 mL de agua en cada filtro (A, B y C) y salieron 1600 mL, 1920 mL y 2280 mL respectivamente lo que implica que la pérdida de carga fue 1400 mL, 1080 mL y 720 mL respectivamente, debido a las capas de algodón que sirven como biofiltro, presentó retención del líquido en los filtros a causa de sus características, esto es mencionado por el autor E. Katoueizade, et al. (2018) en su investigación de las características mecánicas del algodón, que el algodón es un tejido de fibras con origen natural estos presentan alta retención de humedad por su baja densidad y distintas funcionalidades. Por estos motivos el efluente filtrado presentó reducción de su volumen inicial. Ante ello, se puede deducir que a menor espesor de carbón activado, será menor la capacidad de adsorción y a mayor espesor de carbón activado, mayor será la capacidad de adsorción de remoción de contaminantes y menor pérdida de carga.

Con respecto a los parámetros fisicoquímicos tanto la conductividad, oxígeno disuelto, pH y temperatura muestran índices altos, es decir se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental del agua. Ante ello, los riesgos en la agricultura de un agua con conductividad elevada pueden producir interferencias en la absorción radical y esto causará que la planta se marchite y con ello la salinización del suelo. No obstante, Arana (2016) logró reducir la conductividad desde 595 uS/cm hasta 147 us/cm en 360 min. estando siempre bajo el límite establecido, mientras tanto la conductividad del afluente de la Asociación Dignidad Nacional se mantuvo siempre por encima del límite y con el filtro logró disminuir a 603.7, 522.7 y 590 respectivamente.

El resultado final del pH fue 7.4, 7.2 y 7.1 respectivamente a los filtros A, B y C. Asimismo, Chiclote logró un pH de 8.15 y 8.21 correspondiente a los filtros A y B rangos establecidos dentro del ECA para riego.

IV. CONCLUSIONES

1. Estadísticamente, se analizó que el filtro estratificado influye significativamente en la disminución del plomo en el afluyente de la Asociación Dignidad Nacional, el cual está conformado por gravas grandes, gravilla, algodón y como componente adsorbente de metales pesados, carbón activado.
2. Se determinó la influencia del espesor de los estratos en la disminución de plomo, donde las piedras y arenas actúan positivamente en el lavado de una manera natural el agua, similar como ocurre en la naturaleza. No obstante, la capa de algodón influyó en la retención de líquido. Sin embargo, se tuvo limitaciones en la pérdida de carga; puesto que entraron 3000 mL de agua en cada filtro (A, B y C) y salieron 1600 mL, 1920 mL y 2280 mL respectivamente lo que implica que la pérdida de carga fue 1400 mL, 1080 mL y 720 mL respectivamente.
3. Se determinó que el espesor del carbón tiene una influencia significativa en la adsorción del adsorbato (plomo), ya que, a mayor espesor, se obtuvo como resultado menor concentración del plomo, siendo la relación inversamente proporcional. Finalmente, el carbón activado logró reducir al contaminante en los 3 filtros en un 25%, 60% y 75% respectivamente.

V. RECOMENDACIONES

1. En base a nuestra investigación recomendamos realizar nuevos estudios con respecto a la eficiencia del carbón activado en adsorción de otros metales como Cadmio y Arsénico.
2. Se recomienda analizar las aguas subterráneas cercanas al afluente que son utilizadas para consumo humano dentro de la asociación, así de esta manera determinar si existe alguna infiltración de las aguas superficiales del efluente teniendo en cuenta que estas sobrepasan los límites máximos permisibles.
3. Finalmente se recomienda generar investigaciones en relación a filtros que depuran aguas contaminadas provenientes de industrias textiles, a fin de que estas aguas sean utilizadas para riego de cultivos de hortalizas.

REFERENCIAS

- Adsorption capacity of heavy metal ions using sultone-modified magnetic activated carbon as a bio-adsorbent. Nejadshafiee, Vajihe y Reza, Mohammad, 2019. s.l.: Materials Science and Engineering: C, 2019, Vol. 101, págs. 42-52.
- Adsorption of lead from industrial wastewater using activated carbons with H₃PO₄. Lavado, Carmencita, Sun Kou, María del Rosario y Bendezu, Salvador. 2015. 2, Lima: s.n., 2015, Revista de la Sociedad Química del Perú, Vol. 76, págs. 165-178.
- Aquino, Pavel. 2017. Calidad del agua en el Perú Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales. [ed.] Doménica Villena Delgado y Vanessa Cueto La Rosa. Primera. Lima: Sonimágenes del Perú SCRL, 2017, págs. 1-140.
- Arana, Jose Edward. 2016. Evaluación de la aplicación de carbón activado granular en la filtración del agua clarificada del río Cauca. Santiago de Cali, Universidad del Valle: s.n., 2016.
- BARRERA, Mónica Alejandra Mondragón. Uso de la correlación de Spearman en un estudio de intervención en fisioterapia. Movimiento científico, 2014, vol. 8, no 1, p. 98-104.
- Characterization, preparation, and reaction mechanism of hemp stem based activated carbon. Zhang, Ji, y otros. 2017. s.l.: Results in Physics, 2017, Vol. 639, págs. 1628-1633.
- Chiclote, Yuliana. 2018. Mejora de la calidad del agua del río Cumbe empleando filtro de carbón activado. Lima, Perú: E.A.E de ingeniería mecánica de fluidos, 2018. págs. 1-72.
- Comparative analysis of physiochemical properties of physically activated carbon from palm bio-waste. Tobi, Ayinla Ridwan, y otros. 2019. 5, s.l.: Ayinla Ridwan Tobi, September–October de 2019, Vol. 8, págs. 3688-3695.

- Comparison of natural organic matter removal by ultrafiltration, granular activated carbon filtration and full scale conventional water treatment. Marais, S. S., y otros. 2018. 5, 2018, Journal of Environmental Chemical Engineering, Vol. 6, págs. 6282-6289.
- Contaminación por metales pesados. Romero, Karla Pamela. 2009. 1, 2009, Revista Científica Ciencia Médica, Vol. 12.
- Depth filtration using novel fiber-ball filter media for the treatment of high-turbidity surface water. Gao, Pin, y otros. 2012. s.l., 19 de Julio de 2012, Separation and Purification Technology, Vol. 95, págs. 32-38.
- Effects of water quality changes on performance of biological activated carbon (BAC) filtration. Ross, P. S., y otros. 2019. 1 de April de 2019, Separation and Purification Technology, Vol. 212, págs. 676-683.
- Evaluación del desempeño de filtración en múltiples etapas usando carbón activado granular y mantas. Pereira, Edson, y otros. 2015. 10, Caracas: s.n., 2015, Vol. 38, págs. 726-732.
- Evaluation of turbidity and dissolved organic matter removal through doble filtration technology with activated carbon. Torres, Patricia, y otros. 2018. 2018, págs. 234-239.
- GIL, Juan. Estadística e informática (SPSS) en la investigación descriptiva e inferencial. 2006.
- GÜMÜŞ, Dilek; GÜMÜŞ, Fatih. The use of a wetland plant as a new biosorbent for treatment of water contaminated with heavy metals: Nonlinear analyses, modification, competitive effects. Environmental Technology & Innovation, 2019, vol. 16, p. 100483.
- HAMID, Khaled Ibn, y otros. 2019. Comparison of the effects of ozone, biological activated carbon (BAC) filtration and combined ozone-BAC pre-treatments on the microfiltration of secondary effluent. s.l.: Separation and Purification Technology, 2019. págs. 308-316. Vol. 215.

- Infante, Denis. 2017. Carbón activo granular, en la mejora de la calidad del agua potable. 4 de enero de 2017.
- Juárez, Henry. 2015. Contaminación del río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el cono este de Lima metropolitana. Lima, Perú: s.n., 2015.
- KATOUEIZADEH, E. et al. Investigation of mechanical characteristics of functionalized cotton textiles by N- doped TiO₂ nanoparticles. [en línea]. Materials Chemistry and Physics. Vol 218, 2018, pages 239- 245. [Fecha de consulta: 4 de Julio del 2019]. DOI: 10.1016/j.matchemphys.2018.07.005.
- LEVINE, David M.; KREHBIEL, Timothy C.; BERENSON, Mark L. Estadística para administración. 2014.
- Manosalva, Keevin. 2016. Efecto del carbón activado en la turbidez del agua del río sector Moche - 2016. Lima, Perú: s.n., 2016.
- MARTÍNEZ, Rosa, et al. El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. Revista Habanera de Ciencias Médicas, 2009, vol. 8, no 2.
- Metal sorption studies biased by filtration of insoluble metal oxides and hydroxides. Haas, S., Boschi, V. y Grannas, A. 2018. págs. 1433-1439.
- MINAM. 2017. Sistema Nacional de Información Ambiental. [En línea] 7 de Junio de 2017. [Citado el: 15 de septiembre de 2019.] <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>.
- Potential health risk consequences of heavy metal concentrations in surface water, shrimp (*Macrobrachium macrobrachion*) and fish (*Brycinus longipinnis*) from Benin River, Nigeria. Ezemonye, Lawrence I. , y otros. 2019. 1-9, 2019, Toxicology Reports, Vol. 6, págs. 1-9.

- Pseudomonas Aeruginosaan additional indicator of drinking water quality: a Southamerican bibliographic analysis. Garcia, Leisy y Lannacone, Jose. 2014. 1, 2014, The Biologist, Vol. 12, págs. 133-152.
- Remoción de cadmio (II) de soluciones acuosas mediante carbón activado preparado a partir de caña. Basso, M.C., Cerrella, E.G. y Cukierman, A.L. 2000. Buenos Aires: s.n., 2000, Avances en energías renovables y medio ambiente, Vol. 4, págs. 1-6.
- Removal of Pb²⁺ in aqueous solution on powdered activated carbon: batch study. Castellar, Grey C y García, Antonio A. 2011. 1, s.l. : Prospectiva, Enero - Junio de 2011, Vol. 9, págs. 59-68.
- ROMO, Jose y TARANGO, Javier. Métodos Estadísticos con SPSS aplicados a la Educación. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Alfa-Gama. 2016. 85-87 pp.

ISBN: 9789871305940

- Sierra, Natalia y Fernández, Manuel. 2018. Los ríos de Lima Metropolitana, dependencia y contaminación. Sumpasac. [En línea] 10 de Abril de 2018. [Citado el: 16 de noviembre de 2019.] <https://www.sumpasac.com/2018/04/10/los-rios-de-lima-metropolitana-dependencia-y-contaminacion>.
- Surface water filtration using granular media and membranes: A review. Hoslett, Jhon, y otros. 2018. 15 de Octubre de 2018, Science of The Total Environment, Vol. 639, págs. 1268-1282.
- Tratamiento de lixiviados con carbón activado. Novelo, Méndez, y otros. 3, Mérida: s.n., Ingeniería, Vol. 6, págs. 19-27.
- Willy, Félix y Cristóbal, Escobar. Descripción hidráulica de la batería de filtros de planta n° 1 de la Atarjea. Lima: s.n.
- Zurita, Susana. 2015. Procedimientos de laboratorio. s.l.: Centro de Información y Documentación Científica del INS, 2015.

- Evaluation of water quality and toxicity after exposure of lead nitrate in fresh waterfish, major source of water pollution. Saili, Paul, y otros. 2019.s.l,16 de septiembre de 2019,The Egyptian Journal of Aquatic Research,pags.1-7.
- The role of stratified filter medias for reducing the risk of pollution. Eregno, Fasil Ejigu y Heistad, Arve. 2019. s.l.: Enviroment International, 2019, Vol.124, pags. 302-311.
- Evaluation of water quality and toxicity after exposure of lead nitrate in fresh water fish, major source of water pollution. Saili, Paul, y otros. 2019. s.l., 16 de septiembre de 2019, The Egyptian Journal of Aquatic Research, págs. 1 - 7.
- The role of stratified filter medias for reducing the risk of pollution. Eregno, Fasil Ejigu y Heistad, Arve . 2019. s.l.: Environment International, 2019, Vol. 124, págs. 302 - 311.

ANEXOS

Matriz de operacionalización de variables

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	RANGOS	
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VI: FILTRO ESTRATIFICADO	El filtro estratificado es un lecho filtrante conformado por estratos de carbón activado, grava gruesa, grava fina y algodón, que tiene como finalidad reducir contaminantes presentes en el agua y a la vez purificándolo (Eregno, Fasil Ejigu y Heistad, Arve, 2019).	Se elaboran filtros estratificados con la misma dimensión, sin embargo, el medio filtrante va a variar con respecto al espesor, con la finalidad de comparar la eficiencia del espesor del adsorbente, la información será procesada en el software estadístico SPSS.	Estratos	Carbón activado	3 cm 4.5 cm 9 cm	
¿De qué manera influye el filtro estratificado en la disminución del plomo en el afluente de la Asociación Dignidad Nacional - Chosica, 2019?	Analizar la eficiencia del filtro estratificado para la disminución del plomo en el afluente de la Asociación Dignidad Nacional - Chosica, 2019.	El filtro estratificado influye significativamente en la disminución del plomo en el afluente de la Asociación Dignidad Nacional - Chosica, 2019					Gravilla	4 cm	
							Algodón	2 cm	
							Piedra grande	6 cm	
						Espesor de carbón	Filtro A	cm	
Filtro B	cm								
Filtro C	cm								
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VD: DISMINUCIÓN DEL PLOMO	Es la reducción del elemento químico (plomo) posteriormente de a ver sido sometido al proceso de filtración (Saili, Paul <i>et.al</i> , 2019)	Una vez estratificado el filtro, se vierte 3 litros de agua en cada lecho y esperar el tiempo suficiente para que filtre. Posterior a ello se mide los parámetros finales (conductividad, oxígeno disuelto, pH, temperatura y plomo) con la finalidad de confrontarlos con otros autores.	Concentración del plomo	Concentración Inicial	mg/l	
¿De qué manera influye el espesor de los estratos en la disminución del plomo en el afluente de la Asociación Dignidad Nacional - Chosica, 2019?	Determinar la influencia del espesor de los estratos en la disminución del plomo en el afluente de la Asociación Dignidad Nacional - Chosica, 2019.	El espesor de los estratos influye significativamente en la disminución del plomo en el afluente de la Asociación Dignidad Nacional - Chosica, 2019.					Concentración del plomo	Concentración Final	mg/l
								¿De qué manera influye el espesor de carbón activado granular en la disminución de plomo en el afluente de la Asociación Dignidad Nacional - Chosica, 2019?	Determinar la influencia del espesor del carbón activado granular en la disminución del plomo en el afluente de la Asociación Dignidad Nacional - Chosica, 2019.

Matriz de consistencia

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	RANGOS
<p style="text-align: center;">Variable independiente</p> <p style="text-align: center;">FILTRO ESTRATIFICADO</p>	<p>El filtro estratificado es un lecho filtrante conformado por estratos de carbón activado, grava gruesa, grava fina y algodón, que tiene como finalidad reducir contaminantes presentes en el agua y a la vez purificándolo (Eregno, Fasil Ejigu y Heistad, Arve, 2019).</p>	<p>Se elaboran filtros estratificados con la misma dimensión, sin embargo, el medio filtrante va a variar con respecto al espesor, con la finalidad de comparar la eficiencia del espesor del adsorbente, la información atenuada será procesada en el software estadístico SPSS.</p>	Estratos	Carbón activado	3 cm 4,5 cm 9 cm
				Gravilla	4 cm
				Algodón	2 cm
				Piedra grande	6 cm
			Espesor de carbón	Filtro A	cm
				Filtro B	cm
				Filtro C	cm
<p style="text-align: center;">Variable dependiente</p> <p style="text-align: center;">Disminución de plomo</p>	<p>Es la reducción del elemento químico (plomo) posteriormente de haber sido sometido al proceso de filtración (Saili, Paul <i>et.al</i> , 2019)</p>	<p>Una vez estratificado el filtro, se vierte 3 litros de agua en cada lecho y esperar el tiempo suficiente para que filtre. Posterior a ello se mide los parámetros finales (conductividad, oxígeno disuelto, pH, temperatura y plomo) con la finalidad de confrontarlos con otros autores.</p>	Concentración del plomo	Concentración Inicial	mg/l
				Concentración Final	mg/l

Panel fotográfico

Figura N° 1



Figura N° 2



Figura N° 3



Figura N° 4



Figura N° 5



Figura N° 6





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores

Nosotras, SONIA DIAZ MEDRANO, MAARJA CAROLINE FLORES LOZADA, JESSICA FABIOLA MARCHÁN VARGAS y JUANA GUIANELLA OLIVERA KALAFATOVICH estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación: “ELABORACIÓN DE UN FILTRO ESTRATIFICADO PARA LA DISMINUCIÓN DE PLOMO EN EL AFLUENTE DE LA ASOCIACIÓN DIGNIDAD NACIONAL - CHOSICA, 2019”, es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que el:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 06 de diciembre de 2019

SONIA DIAZ MEDRANO
DNI: 75116029

MAARJA CAROLINE FLORES LOZADA
DNI: 75585135

JESSICA FABIOLA MARCHÁN VARGAS
DNI: 70785814

JUANA GUIANELLA OLIVERA KALAFATOVICH
DNI: 46761051