

Purificación del agua por medio de membranas en la ciudad de Pampas Tayacaja-Huancavelica

Water purification by means of membranes in the city of Pampas -Tayacaja

Jairo Edson Gutierrez Collao ORCID

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
jairo.gutierrez@unat.edu.pe

Jhon Smith Galindo Rojas ORCID

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
71387096@unat.edu.pe

Gloria Maria Lopez Yupanqui ORCID

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
74358274@unat.edu.pe

Diana Estrella Orellana Reyes ORCID

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
71996021@unat.edu.pe

Sharon Dayana Mendoza Mallqui ORCID

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
73792529@unat.edu.pe

Merly Chavez de la Torre ORCID

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
71383529@unat.edu.pe

Nick Maykol Rodas Rivero ORCID

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
71656877@unat.edu.pe

Jack Brando Perez Híjar ORCID

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
72171728@unat.edu.pe

Marco Antonio Ortiz Cuicapuza ORCID

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú
71060212@unat.edu.pe

RESUMEN

En la actualidad, los requerimientos ambientales y el crecimiento de los sistemas de gestión ambiental, han generado un cambio de conciencia a nivel industrial, llevando a satisfacer las expectativas de los clientes tanto en la calidad de los productos o servicios, como en las formas de producción amigables con el medio ambiente, lo anterior sumado a las regulaciones ambientales, han generado un cambio en la cultura de producción en la cual las pérdidas enormes de materias primas que se desechan a los alcantarillados deben ser recuperadas y reincorporadas al proceso productivo, redundando en beneficios económicos y ambientales.

En la ciudad de Pampas Tayacaja existe un problema muy latente, el cual es la falta de tratamiento del agua, por lo que la mayoría de la población muchas veces utiliza el agua contaminada en sus alimentos, así produciendo algunas enfermedades. Por tal motivo, en este presente trabajo se planteará una investigación sobre el uso de membranas que ciertamente resulta adecuado en la actualidad para el tratamiento del agua.

En general, la eficiencia de una membrana depende de la composición del fluido líquido a tratar, otros factores relacionados con su mantenimiento son la presión hidráulica y ensuciamiento lo que es motivo de investigaciones, la limpieza de las membranas resulta clave por el tema de costos y eficiencia del tratamiento. En conclusión, la tecnología de las membranas mejora la calidad del agua y su eficiencia influye en los costos de mantenimiento.

Palabras clave: Membranas, purificación del agua, tratamiento del agua.

ABSTRACT

At present, environmental requirements and the growth of environmental management systems, have generated a change of consciousness at an industrial level, leading this to satisfy the expectations of customers both in the quality of products or services, as well as in the ways environmentally friendly production facilities, the above added to environmental regulations, have generated a change in the production culture in which the enormous losses of raw materials that are discarded into the sewers must be recovered and reincorporated into the production process, resulting in economic and environmental benefits.

In the city of Pampas Tayacaja there is a very latent problem which is the lack of water treatment, which is why most of the population often uses contaminated water in their food thus causing some diseases. For this reason, in this present work an investigation will be proposed on the use of membranes that is certainly suitable today for water treatment.

In general, the efficiency of a membrane depends of the composition of the liquid fluid to be treated, other related factors with its maintenance are hydraulic pressure and fouling what is as a result of research, the cleaning of the membranes is key for the issue of treatment costs and efficiency. In conclusion, the technology of the membranes improves water quality and its efficiency influences the maintenance costs.

Keywords: Membranes, water purification, water treatment.

INTRODUCCIÓN

El agua es el recurso básico para garantizar la vida de todos los seres vivos del planeta, el acceso al 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.

A través del tratamiento de agua, un proceso con operaciones de distintos tipos (físico, químico, físico-químico o biológico) cuyo objetivo es la eliminación y/o reducción de la contaminación o de las características no deseables de las aguas.

La finalidad de este proceso es obtener agua con las características adecuadas al uso que se le quiera dar. Por eso, el proceso de tratamiento de agua varía en función de las propiedades de partida del agua y también de su uso final.

La tecnología usual de tratamiento de aguas contaminadas envuelve, de forma general, la coagulación con sales de hierro o aluminio, sedimentación, filtración y desinfección con cloruro. La combinación de estos tratamientos tiene como objetivo la remoción de organismos patogénicos, como se ha demostrado en la literatura (Schneider y Tsutiya, 2001). Desde los años 60, cuando las membranas de acetato de celulosa fueron desarrolladas, se descubrió su potencial de uso para el tratamiento de aguas naturales y residuales (Nóbrega et al, 1997). Estas membranas están presentes en todos

los sistemas biológicos, desempeñando las más variadas funciones, las membranas sintéticas surgieron con la intención de imitar las membranas naturales, siendo necesario observar y comprender el fenómeno de la permeación además de desenvolver técnicas de síntesis de las mismas (Nóbrega et al., 1997).

La filtración por medio de membranas es un proceso donde ésta desempeña el papel de una barrera selectiva que restringe el pasaje de determinados compuestos tales como: iones, compuestos orgánicos, etc.

Los procesos con Membranas han sido utilizados en los más variados sectores, desde la industria química, en la quiebra de azeótropos de mezclas de solventes orgánicos, hasta el área médica, como en la hemodiálisis y en la dosificación controlada de remedios, pasando por la biotecnología, industria alimenticia, farmacéutica y en el tratamiento de aguas industriales y municipales.

Viendo todo esto, se puede afirmar que el uso de membranas para la purificación del agua en gran medida resulta muy importante y ayuda a mejorar el estilo de vida de una población.

1. Provincia de Tayacaja

La Provincia de Tayacaja, está localizada en la región de Huancavelica, ocupa un sector de los Andes Centrales del País, se encuentra ubicada entre las coordenadas. UTM 8613.80 Km. N – 8673.50 Km. N y 468.10 Km.E y las coordenadas geográficas 12°24'

pág. 15

y de Latitud Sur y 74°34' de Latitud Oeste de Greenwich, con una altitud variable entre 911 a 4,814 m.s.n.m.; sus límites son por el norte y oeste con la región Junín, por el sur con las provincias de Huancavelica y Churcampa y por el este con a provincia de Huanta de la región Ayacucho (Acuña & Sánchez, 2016).

Tayacaja cuenta con una superficie de 3 564.50 Km²., que equivale al 16.1% de la superficie total de la Región Huancavelica.

1.1. Distrito de Pampas

El Distrito de Pampas, se encuentra al suroeste de la Provincia de Tayacaja y Departamento de Huancavelica, ocupa un sector de los Andes Centrales del País.

Además, es uno de los 17 distritos que conforman la Provincia de Tayacaja, asimismo este distrito alberga, a la ciudad del mismo y es la capital de la provincia Tayacaja, se localiza a 12° 23'42" de latitud sur y 74°52' 02" de longitud oeste y a una altitud de 3276

m.s.n.m. Altitudinalmente, se emplaza entre 2675 m.s.n.m. (Acuña & Sánchez, 2016).

El Distrito de Pampas limita:

Por el Norte: Con el Distrito de Santiago de Tucuma

Por el Sur: Con los distritos de Acoria

Por el Este: Con los Distritos de Daniel Hernández y Colcabamba.

Por el Oeste: Con los Distritos de Ahuaycha y Huaribamba.

1.2. Lugares que son contaminados por la falta de tratamientos de aguas en Pampas

1.2.1. El río Upamayo

Huamaní y Pacheco (2019) señalan que la disponibilidad hídrica del río Upamayo que atraviesa el valle de Pampas depende de las épocas de lluvias (enero – abril) y épocas de estiaje (mayo-diciembre). En la Tabla 1 se menciona que riachuelos desembocan en el río Upamayo y se detalla el aforo mínimo y máximo de estos.

Tabla 1

Aforo de los riachuelos que desembocan en el río Upamayo.

Riachuelo	Aforo (en litros por segundo)	
	MÍNIMO	MÁXIMO
	Margen izquierda	
Atahuara	20	80
Uysus	50	650
	Margen derecha	
San Juan	50	550
Colca	40	200
Viñas	35	500
Atocc	40	550

Fuente. Huamaní y Pacheco, (2019). Datos del aforo mínimo y máximo de cada riachuelo que desemboca en el río Upamayo.

Cabe señalar que los riachuelos señalados tienen régimen irregular y torrencioso, con caudales que relativamente reportan adecuada disponibilidad. Sin embargo, las tendencias de las descargas hídricas son cada vez más escasas e irregulares lo que en el tiempo podría derivar en escasez crítica comprometiendo seriamente la disponibilidad no solo de aguas subterráneas sino de fuentes superficiales con alarmantes resultados para la vida de las futuras generaciones del valle de Pampas.

El río Upamayo viene siendo contaminado por el arrojado de aguas residuales provenientes de los distritos de Acraquia, Ahuaycha, Pampas y Daniel Hernández sin el debido tratamiento. Al observar aguas arriba en época de estiaje el río presenta agua clara con pequeñas piedras, esto indica de manera visual que el agua se encuentra en el estado mesotrófico (Huamaní y Pacheco, 2019).

2. Antecedentes:

En el tratamiento de agua, las membranas son barreras que permiten el paso del agua, pero impiden el paso de sustancias no deseadas. Al funcionar de manera muy similar a las paredes celulares de nuestros cuerpos, las membranas técnicas filtran sales, impurezas, virus y otras partículas del agua.

Un proceso de membrana es cualquier método que se basa en una barrera de membrana para filtrar o eliminar partículas del agua. El fluido pasa a través de la membrana debido a la diferencia de presión entre un lado de la membrana y el otro, los contaminantes permanecen en un lado.

Aunque se utilizan muchos tipos de medios de filtración para el tratamiento del agua, por ejemplo, arcilla, limo y arena, una de las propiedades que distingue a las membranas es su capacidad para separar sustancias más pequeñas de un líquido, como por ejemplo sales e iones.

2.1. Historia de las membranas

Las membranas se aplicaron por primera vez a los procesos de tratamiento de agua en la década de 1960, pero en la siguiente década, se utilizaron cada vez más para la desalinización.

Ahora, la lista de procesos de membrana utilizados en el tratamiento del agua se ha ampliado para incluir:

- ✓ Ósmosis Directa
- ✓ Ósmosis Inversa
- ✓ Microfiltración
- ✓ Ultrafiltración
- ✓ Nanofiltración

Diferentes procesos requieren diferentes tipos de membrana, en términos generales, ya sea funcionando como un tamiz o separando el agua de las impurezas a nivel molecular.

Las membranas están hechas de capas a base de polímeros, cerámica y otros materiales. Se están realizando investigaciones sobre los materiales polímeros de bloque, óxido de aluminio, grafeno, y otros nanomateriales como nanotubos de carbono.

Las membranas tienen diversos grados de permeabilidad: Las membranas MF tienen el mayor tamaño de poro a 0,1 a 10 micrones, seguidas de UF a 0,1-0,01 micrones, NF a 0,01-0,035 micrones y

membranas OI, que efectivamente no son porosas a 0,0001 de un micrón.

2.1.1. Tipos de membranas y configuraciones

Las membranas generalmente se clasifican como isotrópicas o anisotrópicas. Las membranas isotrópicas muestran una composición y estructura física uniformes en el corte transversal, mientras que las membranas anisotrópicas no son uniformes en el corte transversal. Generalmente están formados por capas estructuradas de manera diferente y materiales diferentes.

Las propiedades ideales de las configuraciones de membrana de tratamiento de agua son:

- ✓ Realmente compacto.
Baja resistencia al flujo tangencial.
- ✓ Distribución uniforme de la velocidad sin regiones muertas.
- ✓ Alta turbulencia del lado retenido para minimizar el ensuciamiento y ayudar a la transferencia de masa.
- ✓ Fácil mantenimiento y limpieza.
- ✓ Bajo costo unitario.

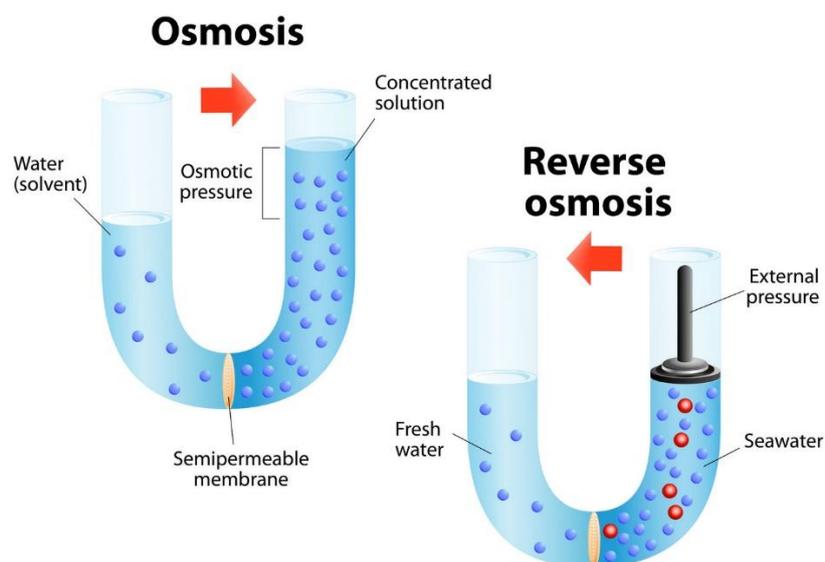
Además, David C. Sammon explica las capacidades de las membranas en su artículo Procesos de la Membrana:

"Por lo general, los procesos de membrana ofrecen la posibilidad de separar agua de varios tipos de solutos y de separar solutos ya sea por su tamaño o porque algunos están ionizados y otros no. Además de estos casos en los que se logra un alto grado de separación, hay muchos casos en los que se altera la composición del material disuelto. Un ejemplo es la ósmosis inversa, donde el permeado tiene un contenido de sal considerablemente reducido".

2.2. Osmosis Directa e Inversa

Figura 1

Ejemplo de Osmosis directa e inversa



Fuente: FLUENCE (2018). Recuperado de <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/membranas-para-el-tratamiento-del-agua-y-sus-procesos>

La ósmosis directa, o simplemente ósmosis, es un proceso físico en el cual un solvente se mueve a través de una membrana semipermeable.

Es más conocido como el proceso que usan las células para transportar agua. El agua está presente en ambos lados de la membrana, con diferentes niveles de minerales disueltos en ambos lados.

El agua con la mayor concentración de solutos se diluye de manera natural. Jean-Antoine Nollet, un científico y clérigo francés, observó por primera vez la ósmosis en 1748 y acuñó el término basado en las palabras griegas, endosmose y exosmose.

Osmosis inversa (OI), por el contrario, depende de la presión para forzar el agua a través de una membrana, separando así el agua de las impurezas. Una encuesta del 2018 realizada a profesionales de la industria sobre la eficacia de las tecnologías de reúso del agua colocó a la OI entre los mejores clasificados.

Si bien la OI se utiliza con frecuencia para la desalinización, también se utiliza para el tratamiento de efluentes y el reúso de agua, así como para la eliminación de trazas de fosfatos, calcio, metales pesados y otras sustancias.

2.3. Microfiltración y Ultrafiltración

En las tecnologías de membrana basadas en partículas de bloqueo, incluida la microfiltración y la ultrafiltración, el tamaño del poro es importante porque determina el tamaño de las partículas y microorganismos que pueden atravesar la barrera. Las membranas de poros pequeños utilizados en la ultrafiltración bloquean proteínas, ácidos grasos, macromoléculas, bacterias, protozoos, virus y sólidos en suspensión.

2.4. Desafíos del proceso de membrana

La efectividad del tratamiento de membrana a menudo depende de la condición de la membrana. Por ejemplo, para que las tecnologías de ósmosis inversa funcionen de manera eficiente, el mantenimiento de la membrana debe ser impecable o puede ensuciarse con incrustaciones o biofilms, un problema perenne.

Las impurezas pueden reducir la efectividad y aumentar el consumo de energía. Se dedica mucha investigación a diseñar membranas para resistir el ensuciamiento a través de recubrimientos especializados y otros tratamientos, como cambiar la carga del material de la membrana.

A mediados de la década del 2010, los investigadores en Israel desarrollaron un importante proceso libre de químicos para prevenir impurezas en la membrana en el proceso de desalinización de la OI. El proceso evita el ensuciamiento de la membrana, reduce los costos químicos y hace que la desalinización sea más ecológica (FLUENCE, 2018).

El pretratamiento con un filtro de biofloculación rápida granular (RBF, por sus siglas en inglés) de dos etapas, un biofloculador (BF) de primera etapa y un filtro de lecho de medios mixtos (MBF, por sus siglas en inglés), evita que los agentes sucios lleguen a la membrana.

Esta y otras mejoras a la ósmosis inversa de agua de mar (SWRO) han hecho que el proceso sea mucho más rentable, lo que a su vez ha llevado a un crecimiento global explosivo en SWRO.

2.5. Aprovechamiento de las propiedades de los Biofilms

Las membranas utilizadas en el tratamiento y el reúso de efluentes también son vulnerables al ensuciamiento de biofilms. La formación de biofilms en las membranas de filtración y la obstrucción resultante de los poros (incrustación biológica) es uno de los problemas más difíciles que enfrentan estas operaciones.

En algunas aplicaciones, la desinfección de membranas a 85°C se utiliza para el mantenimiento sin productos químicos, sin embargo, en un reactor de biofilm de membrana aireada (MABR), el biofilm en realidad se aprovecha para hacer el trabajo pesado en el proceso de tratamiento.

Las membranas utilizadas en MABR, un tratamiento biológico, son semipermeables a escala molecular para ayudar en la aireación sin burbujas, lo que permite el crecimiento robusto de microorganismos útiles.

La membrana de aireación en espiral vertical simplemente se descarga desde el fondo con burbujas de manera periódica, lo cual es suficiente para evitar el crecimiento excesivo de un biofilm obstruido sin mezcla mecánica.

2.6. Tratamientos combinados

Los procesos de membrana se combinan con frecuencia con otros procesos para proporcionar soluciones integrales de tratamiento de agua.

El tratamiento del agua de mina es un ejemplo de procesos combinados. Típicamente, los efluentes de las operaciones mineras son extremadamente altos en sólidos suspendidos totales y coloides.

La ultrafiltración puede eliminar estas partículas para prepararlas para el tratamiento con ósmosis inversa.

En algunos casos, el agua pasa por ósmosis inversa dos veces para alcanzar las especificaciones finales para lograr el tratamiento completo del agua.

2.7. Ventajas y desventajas del uso de membranas para el tratamiento de aguas residuales

Entre los procesos que más han evolucionado en las últimas décadas se encuentran los de filtración a través de membrana. De forma general, éstos consisten en forzar el paso del líquido a filtrar a través de una membrana colocada sobre un soporte sólido.

Funcionan debido a que determinadas clases de membranas permiten el paso a través de ellas de partículas con unas características particulares, mientras que impiden el paso de aquellas que no poseen esas mismas características.

El hecho de necesitar cada vez mayores flujos de permeado, producidos a menores presiones de operación, ha llevado a un constante avance en el diseño y fabricación de las membranas.

Las operaciones de separación mediante membrana son ampliamente utilizadas y su uso es superior a los métodos convencionales por la capacidad de producir separaciones de forma muy eficiente a temperatura ambiente y por la relación coste/eficiencia.

2.7.1.1. Ventajas

✓ Ofrecen una elevada eficiencia de separación donde el factor clave es el cut-off de la membrana.

El cut-off de la membrana viene determinado por las toxinas de mediano peso molecular (PM) a partir del cual el 90% de los solutos va a quedar retenido, o lo que es lo mismo, el coeficiente de cribado para las moléculas de dicho PM será de 0.1.

Figura 2

Concepto de "cut off" y "retention onset"

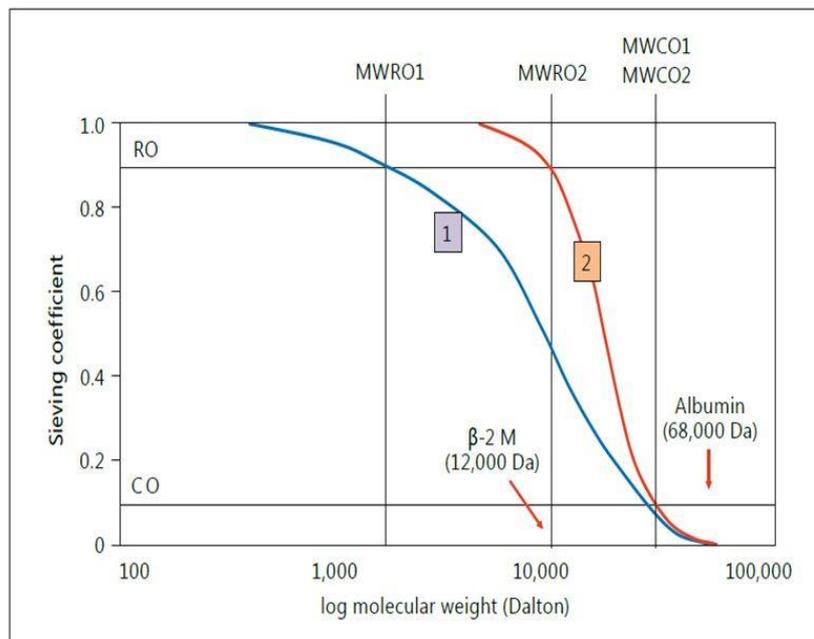


Figura 1 Representación esquemática de las curvas de cribado de dos membranas de hemodiálisis: una membrana de alto flujo (membrana 1) y una membrana de "cut off" (CO) medio. El punto de la curva en el que el coeficiente de cribado es de 0.1 para un determinado peso molecular determina el "cut off" (MWCO=molecular weight cut off) de la membrana. El punto de la curva en el que el coeficiente de cribado es de 0.9 para un determinado peso molecular determina el "retention onset" (MWRO) de la membrana. Ambas membranas presentan "cut off" similares (MWCO1≈MWCO2) y sin embargo difieren mucho en su "retention onset" (MWRO1≠MWRO2).

- ✓ Son procesos que se pueden llevar a cabo a temperatura ambiente y de forma continua.
- ✓ El consumo de energía no es elevado y no se requiere el uso de reactivos químicos (excepto antiincrustantes para limpiar las membranas).
- ✓ La facilidad de combinación de esta técnica con otros procesos.
- ✓ Plantas muy compactas que requieren poco espacio físico.
- ✓ 2.7.1.2. Desventajas
- ✓ No es una técnica que elimine el contaminante, sino que lo concentra.
- ✓ Se genera una corriente de rechazo/residuo que debe ser tratada correctamente.
- ✓ También se debe tener en cuenta el coste de las membranas y su durabilidad. Es importante pretratar el efluente para alargar la vida útil de las membranas.
- ✓ En función de la aplicación concreta, se pueden presentar problemas de degradación, ensuciamiento o polarización de la membrana. Problemas que, si bien se pueden solventar, dificultan e incrementan los costes de operación.

CONCLUSIÓN

Se ha identificado los usos y aplicaciones de membranas para el tratamiento de aguas residuales, las membranas de microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración son usadas normalmente en la limpieza de aguas residuales aceitosas, textiles, municipales, petróleo y gas, aguas superficiales, entre otros.

Las membranas de microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración usualmente son conformadas por materiales cerámicos, polímero y metálico; sin embargo, el más usado en la mayoría de las investigaciones es el material de cerámico por su elasticidad lo cual facilita una mayor permeabilidad de la membrana.

El uso de membranas para el tratamiento de aguas es de gran importancia y tiene gran valor, además es muestra del desarrollo tecnológico que hoy en día se está descubriendo y porque no hacer una prueba de su eficiencia en Pampas.

ANEXOS

Figura 3



Figura 4



Nota. Rio Opamayo en época de estiaje aguas arriba. Huamaní y Pacheco, (2019) mencionan que a lo largo del recorrido del rio Opamayo se tiene pozos de oxidación de aguas servidas, 01 proveniente del distrito de Acraquia, 01 proveniente del distrito de Ahuaycha, y los otros 02 pozos de oxidación se encuentran en el distrito de Daniel Hernández, los cuales no tiene un buen sistema de tratamiento generando contaminación al verterse estas aguas al río. Elaboración propia, (2021).

Figura 5



Nota. La contaminación que se produce por las aguas provenientes del pozo de oxidación del distrito de Ahuaycha. Elaboración propia, (2021).

Figura 6



Nota. Contaminación del río Opamayo por aguas provenientes del pozo de oxidación del distrito de Daniel Hernández. Elaboración propia, (2021).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABES Paraná, Informativo da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Seção Paraná, n. 28 (setiembre de 2000).
- [2] APHA American Public Health Association, Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater), 14ª ed., Washington, USA (1995).
- [3] Madaeni, S.S., A. G. Fane, G. S. Grohmann, 1995, Virus removal from water and wastewater using membranes, Journal of Membrane Science v. 102, 65-75 (1995).
- [4] Nóbrega, A.C, C. Borges, y A. Habert, Processo de Separação com Membranas, Rio de Janeiro: COPPE, 172 p., Apostila (Processos de Separação com Membranas) – Escola Piloto em Engenharia Química, UFRJ, Rio de Janeiro (1997).
- [5] Milles, A. A., S. S. Misra Estimation of the bactericide power of the bloods Journal Hygien n. 38 pp. 732-749 (1938).
- [6] Petrus, J.C.C., Preparação, Modificação e Caracterização de Membranas Assimétricas para clarificação de suco de frutas, Campinas,Unicamp, 139 p.Tese Doutorado -FEAUniversidade Estadual de Campinas (1997).
- [7] Ribeiro, R.M. Preparo e utilização de membranas poliméricas assimétricas para produção de águas potáveis Maringá: UEM, 136 p. Tese de Doutorado PEQ – Universidade Estadual de Maringa (2005).
- [8] Schneider, R.P. y M. T. Tsutiya, Membranas filtrantes para o tratamento de água,e Esgoto e Água de reúso, ABES, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Capítulo Nacional da AIDIS, São Paulo, 234 (2001)
- [9] Huamaní Ramos, J. L., & Pacheco Meza, H. (2019). SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA CARACTERIZACIÓN EN TIEMPO REAL DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO DEL RÍO OPAMAYO EN EL VALLE DE PAMPAS-TAYACAJA.