



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**Impacto del vertido de lodos, del proceso de potabilización del agua, en la
cantidad de Aluminio en las aguas del río Shilcayo,
Tarapoto, 2018**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Kenyo Bryand Guerra Vásquez

ASESOR:

Ing Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza

Código N° 6055118

Moyobamba – Perú

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**Impacto del vertido de lodos, del proceso de potabilización del agua, en la
cantidad de Aluminio en las aguas del río Shilcayo,
Tarapoto, 2018**

AUTOR:

Kenyo Bryand Guerra Vásquez

Sustentada y aprobada el 31 de julio del 2020, por los siguientes jurados:

.....
Ing. M. Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera
Presidente

.....
Ing. M. Sc. Ronald Julca Urquiza
Secretario

.....
Ing. Angel Tuesta Casique
Miembro

.....
Ing Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza
Asesor

Declaratoria de autenticidad

Kenyo Bryand Guerra Vásquez, con DNI N° 73017245, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, autor de la tesis titulada: **Impacto del vertido de lodos, del proceso de potabilización del agua, en la cantidad de Aluminio en las aguas del río Shilcayo, Tarapoto, 2018.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Moyobamba, 31 de julio del 2020.



.....
Bach. Kenyo Bryand Guerra Vásquez

DNI N° 73017245

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Guerra Vásquez Kenyo Bryand		
Código de alumno :	115112	Teléfono:	947602679
Correo electrónico :	kguerrav@alumno.unsm.edu.pe	DNI:	73017245

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ecología
Escuela Profesional de:	Ingeniería Ambiental

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	Impacto del vertido de lodos, del proceso de potabilización del agua, en la cantidad de Aluminio en las aguas del río Shilcayo, Tarapoto 2018.
Año de publicación:	2020

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".


Firma y huella del Autor

8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

15 / 04 / 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A mis padres Riquelme y Tania, por ser el pilar fundamental en mi crecimiento profesional, por su amor, apoyo, comprensión, paciencia y sobre todo por sus consejos durante toda esta etapa de mi vida.

A mis hermanos Joseph y Nadia por ser mi motivación para lograr este título profesional.

A Alcides, el ángel de la familia, por haber sido uno de los mejores tíos que uno pudo tener en la vida.

Kenyo Bryand

Agradecimiento

A Dios por darme la vida y la oportunidad de llegar a este momento y permitirme cumplir mis objetivos.

A mi querida Universidad Nacional de San Martín – T, en especial a mi Facultad de Ecología y sus docentes, por la formación profesional y todos los conocimientos brindados para ser una persona de bien en la sociedad.

A mi asesor Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza, por la disponibilidad de su tiempo, por su paciencia, su conocimiento y el apoyo en la realización de la presente investigación.

A mi gran amiga Nita, por haber logrado una de nuestras tantas metas, por su amistad de todos estos años y sus buenos consejos de siempre.

Kenyo Bryand

Índice

Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice	viii
Resumen	xii
Abstract	xiii
Introducción	1
CAPÍTULO I	4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.1. Antecedentes de la Investigación	4
1.2. Bases Teóricas.	6
1.2.1. Diagnóstico operacional del sistema de agua potable.	6
1.2.2. Tecnologías aplicables en las plantas de tratamiento.	7
1.2.3. Sub Productos de las plantas de tratamiento.	12
1.2.4. Compuestos de Aluminio en tratamientos de agua.	15
1.3. Definición de Términos Básicos	16
CAPÍTULO II	18
MATERIAL Y MÉTODOS	18
2.1. Materiales	18
2.1.1. EPPs	18
2.1.2. Insumos:	19
2.1.3. Equipos:	19
2.2. Métodos	19
2.2.1. Ubicación y delimitación de los puntos de muestreo.	19
2.2.2. Frecuencia de muestreo.	20
2.2.3. Toma de muestras	20

2.2.4. Análisis de Aluminio.....	21
2.2.5. Análisis de la cantidad de lodos.	24
CAPÍTULO III.....	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
3.1. Descripción del proceso de tratabilidad del agua.....	26
3.1.1. Coagulación.....	26
3.1.2. Floculación	27
3.1.3. Decantación.....	28
3.1.4. Filtración	29
3.1.5. Cloración	29
3.2. Concentración de aluminio disuelto en el agua del río Shilcayo.....	33
3.3. Comparación del parámetro Aluminio, con los ECAS.....	34
3.4. Discusión de resultados	37
CONCLUSIONES.....	39
RECOMENDACIONES.....	40
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	41
ANEXOS	43
Anexo 1: Ubicación	44
Anexo 2: Panel Fotográfico	46
Anexo 3: Panel fotográfico del impacto del vertido de lodos.....	50
Anexo 4: Tabla de resultados.....	52

Índice de Tablas

Tabla 1: Seguimiento del muestreo.....	25
Tabla 2. Evaluación del proceso de potabilización.....	30
Tabla 3. Principales impactos de la descarga de lodos	37
Tabla 4. Concentración de aluminio antes y después de la descarga.....	52
Tabla 5. Comparación del monitoreo de aluminio con los ECAs pre descarga.....	52
Tabla 6. Comparación del monitoreo de aluminio con los ECAs post descarga	52

Índice de Figuras

Figura 1. Localización de los puntos de monitoreo	20
Figura 2. Evaluación del proceso de potabilización	31
Figura 3. Concentración de aluminio antes y después de la descarga	33
Figura 4. Comparación del monitoreo de aluminio pre descarga con los ECAs	34
Figura 5. Comparación del monitoreo de aluminio post descarga con los ECAs.....	35

Resumen

La investigación informa sobre el impacto del vertido de lodos, del proceso de potabilización del agua, en la cantidad de Aluminio en las aguas del río Shilcayo, Tarapoto, 2018; cuyo objetivo general es determinar el impacto del vertido de lodos, del proceso de potabilización del agua, en la cantidad de aluminio presente en las aguas del río Shilcayo, por ende, se realizó el monitoreo y análisis de aluminio residual en el vertido de lodos de la planta de tratamiento y los resultados indican que en los dos últimos muestreos se ha superado notablemente el valor referencial que exige la norma peruana, siendo máximo 0.9 mg/L (D.S. 004- 2017 MINAM) pero llegó hasta los 4.1 mg/L en la escorrentía del río Shilcayo. Concluyendo que el 25% de los procesos de potabilización se consideraron buenos, en ello están los floculadores y decantadores; luego están el 37% de los procesos que se consideran regular y en ellos se observa a la coagulación, el lugar donde se almacenan los coagulantes y la filtración; finalmente se consideró un 25% de estos procesos malos y un 13% muy malo, en ellos se ve a la dosificación, la cloración y la dosificación, además del impacto ambiental por vertimientos están provocando, olores, contaminación superficial del suelo por erosión, al agua, por la elevación química del aluminio y el aire por la emisión de gases.

Palabras clave: Impacto, lodos, potabilización, aluminio, vertido.

Abstract

The research reports about the impact of sludge discharge, from the water purification process, on the amount of aluminum in the waters of the Shilcayo River, Tarapoto, 2018; whose general objective is to determine the impact of sludge discharge, from the water potabilization process, on the amount of aluminum present in the waters of the Shilcayo River. Consequently, the monitoring and analysis of residual aluminum in the sludge discharge of the treatment plant was performed and the results indicate that in the last two samplings, the reference value required by the Peruvian standard has been significantly exceeded, being maximum 0.9 mg/L (D.S. 004- 2017 MINAM) but reached up to 4.1 mg/L in the runoff of the Shilcayo River. In conclusion, 25% of the drinking water treatment processes were considered good, including flocculators and decanters; then 37% of the processes were considered regular, including coagulation, the place where the coagulants are stored, and filtration. Finally, 25% of these processes were considered as bad and 13% very bad, where we can see dosing, chlorination and dosing, in addition to the environmental impact caused by discharges, odors, surface soil pollution due to erosion, water pollution due to the chemical elevation of aluminum and air pollution due to the emission of gases. Finally, 25% of these processes were considered bad and 13% very bad, in which dosing, and chlorination, in addition to the environmental impact of dumping, are causing odors, surface soil pollution due to erosion, water pollution due to the chemical elevation of aluminum and air pollution due to the emission of gases.

Key words: Impact, sludge, potabilization, aluminum, discharge.



Introducción

Durante el proceso de potabilización del agua en la planta de tratamiento de la provincia de San Martín, se produce una gran cantidad de desechos sólidos y líquidos (lodos), los cuales se vierten al río Shilcayo sin tratamiento previo. Estos desechos, contienen una gran cantidad de químicos y alta carga bacteriana, por lo tanto, contaminan el río desde el punto de descarga y aguas abajo; esta situación claramente se considera un riesgo, para los animales, las plantas y las personas cercanas a la ribera, pues están directamente relacionadas con ella, al utilizarla en distintas formas.

En sede central se cuenta con 03 plantas de tratamiento de agua, 02 se encuentran en las instalaciones de la Sede Central en la ciudad de Tarapoto, las que abastecen las localidades de Tarapoto y Morales; las fuentes de agua que abastecen las localidades de Tarapoto, Morales y Banda de Shilcayo, corresponden a las micro cuencas del Shilcayo, Cachiyacu y Ahuashiyacu que nacen en el Área de Conservación Regional Cordillera Escalera; de donde EMAPA SAN MARTIN S.A. hace uso de sus recursos hídricos, el cual recoge las aguas por gravedad a través de las captaciones que existen. (SUNASS, 2011).

Estos caudales captados son conducidos como agua cruda –sin tratamiento, a la Planta de Tratamiento de la sede central en Tarapoto, donde es purificada por medio de reactivos químicos –como sulfato de aluminio, junto con otros químicos como el cloro; y posteriormente, es distribuida para su consumo y/o utilización como agua potable en los distritos de Morales y Tarapoto. Durante el proceso de purificación del agua, son depositadas grandes cantidades de sedimentos –lodos, provenientes de los procesos de sedimentación y filtración, que son vertidos al río Shilcayo.

Desde la perspectiva ingenieril, es importante buscar soluciones integrales a ciertos problemas que benefician a las empresas y la comunidad, desde el punto de vista social, ecológico y económico, este proyecto integra estos aspectos; Se ha formulado la siguiente pregunta: ¿En qué medida el vertido de lodos, del proceso de potabilización del agua, impacta en la cantidad de aluminio en las aguas del río Shilcayo?, para ello se tiene como objetivo general: Determinar el impacto del vertido de lodos, del proceso de potabilización del agua, en la cantidad de aluminio en las aguas del río Shilcayo.

Y los siguientes objetivos específicos: Describir el proceso de tratabilidad del agua para la correspondiente potabilización, también determinar la cantidad de lodos generados en el

proceso de potabilización en la planta EMAPA San Martín. Determinar las concentraciones de aluminio disuelto en el agua del río Shilcayo, en el sector impactado por la descarga de lodos del proceso de potabilización del agua y finalmente comparar el parámetro Aluminio, con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua, para determinar el impacto que el proceso genera.

En la ciudad de Tarapoto, como en algunas otras provincias de la región San Martín, se realiza el proceso de potabilización de las aguas para consumo humano. Estas empresas, al no contar con un lugar para depositar los lodos, los vierten en las fuentes de agua más cercanas al lugar, generando contaminación del recurso hídrico y la grave afectación de las mismas por este residuo, el mismo que puede tener muchas trazas de aluminio y afectan la vida acuática tanto animal como vegetal del recorrido. En este contexto para la presente investigación se tiene como variables: como variable dependiente a la cantidad de aluminio y como independiente el vertido de lodos de la potabilización del agua.

En los procesos de potabilización de agua para consumo humano, se adicionan productos de origen químico para remover gran cantidad de contaminantes como partículas suspendidas y disueltas; cuando el proceso finaliza, este coagulante (sulfato de aluminio) sigue presente en los residuos generados. (Hakanson et al., 2000) La calidad del agua está afectada por diversos factores como los usos del suelo, la producción industrial y agrícola, el tratamiento que se le da antes de ser vertida nuevamente a los cuerpos de agua, y a la cantidad misma del agua de los ríos y lagos, ya que de ésta depende su capacidad de purificación. Calidad del agua, es el término ampliamente usado, sin embargo, la cuantificación científica resulta bastante importante y esta solución es una estrategia básica en el desarrollo de los fundamentos para el manejo de los recursos hídricos

Para ser sanitariamente segura, el agua deberá estar libre de contaminación que pueda causar enfermedades de origen hídrico, tales como cólera, disentería bacilar (shigellosis), disentería amebiana, fiebre tifoidea y paratifoidea (salmonelosis) y hepatitis infecciosa; entre los más importantes por su gravedad. Además, deberá estar libre de sustancias venenosas, tóxicas y/o radioactivas, tales como flúor –en grandes cantidades, selenio, arsénico, boro, nitratos, algas verdes-azules, así como cantidades excesivas de materia mineral como iones de magnesio, sulfato, calcio, radicales, ácidos, etc. Para ser agradable a los sentidos, el agua deberá estar libre de color, sabor, olor, turbiedad y tener una temperatura moderada.

Se considera que la presencia de floculos, conglomerados y residuos químicos aguas abajo del punto de descarga de la Planta de Tratamiento, disminuye la productividad primaria del ecosistema acuático, haciendo difícil la presencia de organismos bentónicos sensibles a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto, y al mismo tiempo perjudicando la presencia de especies facultativas y tolerantes a la contaminación, adaptadas para soportar los cambios constantes en el río producto de las descargas. Los impactos ambientales se reducirían debido al mejor manejo en la cantidad de materia prima usada y la minimización de residuos por la disminución del volumen y peso de los lodos.

En la presente investigación se tienen los siguientes capítulos:

Capítulo I: en este se ha descrito los antecedentes presentados por investigaciones pasadas alrededor de años atrás y muy relacionadas al tema, así mismo se ha colocado parte de la teoría sacada de libros los cuales describen los conceptos relacionados al aluminio, el proceso de potabilización y el vertimiento de lodos.

Capitulo II: se describen los materiales utilizados en la investigación y la metodología seguida conforme a la obtención de resultados.

Capitulo III: se han colocado los resultados obtenidos tras la ejecución de la metodología y la experimentación de la investigación para obtener resultados descritos. Así mismo acá se colocaron las discusiones realizadas a los autores referidos anteriormente dentro de los antecedentes. Y finalmente se han descrito las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la Investigación.

Nuñez y Peña (2011), estudiaron la posibilidad de recuperar el sulfato de aluminio mediante acidificación con ácido sulfúrico (25%), a partir de lodos recolectados de los sedimentadores y lavado de filtros en la planta de tratamiento de aguas de la empresa Aguas de Cartagena S.A E.S.P, en dos épocas del año. Se efectuaron ensayos de jarras a pHs de 1.5, 2.5 y 3.5 y tiempos de mezcla rápida de 5, 30 y 90 minutos. Se alcanzaron porcentajes de recuperación de aluminio de 60.5% en época de sequía y 71.5% en época de lluvia; a pH de 1.5 unidades y tiempo de mezcla 30 minutos, y concentraciones de recuperación de aluminio de 67,0 mg Al/L en época de sequía y 1038,9 mg Al/L en época de lluvia a las mismas condiciones.

Moran et. al (1998); Concluyó que, actualmente, estos lodos son bombeados y almacenados en presas o dispuestos en terrenos sin ningún tratamiento, provocando un severo daño al ambiente. Se efectuó pruebas a nivel laboratorio con los lodos generados en la planta potabilizadora de los Berros, para la evaluación de un tren de tratamiento que consiste en el espesamiento inicial de los mismos utilizando polímeros comerciales y la acidificación del lodo ya espesado para la recuperación de aluminio. Este procedimiento permite reducir hasta en un 97% el volumen del lodo y recuperaciones mayores del 90% del aluminio, el cual se utilizó nuevamente como coagulante para el tratamiento de agua, dando resultados muy parecidos a los de un sulfato de aluminio fresco.

Acosta et. al (2008), realizó el análisis simple de la calidad del agua, en varios ríos que cerca de la población, llegando a concluir que la presa llamada La Esperanza de Tulancingo, Hidalgo se encuentra en estado avanzado de eutrofización, ya que el lirio acuático que se presenta el 100% del espejo del agua de esta presa. Las aguas del Río Amajac están libres de contaminantes pueden utilizarse para todos los usos como las actividades agrícolas, engendrar peces y producción en hidroponía bajo condiciones de invernadero y equivalen a una tercera parte de las concentraciones registradas en el río Tulancingo. El análisis aplicado al estudio indica que los componentes principales que representan la calidad integral del agua dentro de la

cuenca estudiada son: oxígeno disuelto, coliformes fecales, nitrógeno, fósforo, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, cloro y manganeso, los cuales explican más del 90% de la variabilidad total.

Linaires et. al (2014), investigaron los lodos aluminosos del proceso de sedimentación de una planta convencional de potabilización de agua sometidos a ensayos de recuperación de aluminio, adicionando H₂SO₄, sedimentabilidad y espesamiento. Utilizando H₂SO₄, se recuperó el 60-70 % de la concentración inicial del aluminio en el lodo, con p H=1,5 Und. y mezcla de 5-30 minutos.

Limón (2013), en el proyecto de investigación realizado en Guadalajara, el cual tiene como título: Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿problema o recurso?, en el cual se habló de que los lodos generados en las plantas de tratamiento presentan varios problemas debido a su naturaleza y al tratamiento que requieren antes de poder disponerlos; en conclusión, los lodos producidos en las plantas de tratamiento, deben ser aprovechados para que no sólo sean un problema para la población y el medioambiente. Se debe evaluar su aprovechamiento en plantas de tamaño mediano, tanto en la agricultura como en la generación de energía, entre otros posibles aprovechamientos.

SUNASS (2008), en el estudio realizado apoyado de GIZ llegaron a los siguientes puntos: Respecto al marco normativo: falta de autorización para el vertimiento o reúso (más de 90%), valores de estándares de calidad ambiental (ECA Agua) muy estrictos, falta de lugares autorizados para la disposición final de lodos y residuos sólidos de las PTAR y falta de regulación en el manejo de lodos para reúso agrícola; respecto a la selección de las alternativas tecnológicas: falta de capacidad para cubrir los elevados costos de operación y mantenimiento de tecnologías avanzadas, falta de edificios de operación, talleres, almacenes, laboratorios, cercos perimétricos y servicios higiénicos, así como de saneamiento legal del terreno y seguridad pública en las PTAR.

(Construcción y vivienda, 2018), informó que con la publicación del reglamento se fortalecerá a los prestadores de servicios de saneamiento (empresas de agua, municipalidades y Juntas Administradores de Servicios de Saneamiento - JASS), en vista que les permitirá utilizar los lodos para que sean comercializados bajo controles técnicos sanitarios establecidos. Contempla también el reaprovechamiento

de lodos para la mejora de suelos y como fertilizante agrícola. El reglamento faculta a los prestadores de servicios de saneamiento a comercializar biosólidos provenientes de la estabilización de lodos con fines de reúso a favor de terceros, con la correspondiente contraprestación, siempre que exista acuerdo previo entre los actores, de conformidad con lo establecido por el Decreto Legislativo 1280, que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento.

1.2. Bases Teóricas.

1.2.1. Diagnóstico operacional del sistema de agua potable.

La sede central de Emapa San Martín S.A. comprende las localidades de Tarapoto Morales y Banda de Shilcayo en la Provincia de San Martín.

1.2.1.1. Fuentes de agua.

Las fuentes de agua que abastecen las localidades de Tarapoto, Morales y Banda de Shilcayo, corresponden a las micro cuencas del Shilcayo, Cachiyacu y Ahuashiyacu que nacen en el Área de Conservación Regional Cordillera Escalera; de donde EMAPA SAN MARTIN S.A. hace uso de sus recursos hídricos, el cual recoge las aguas por gravedad a través de las captaciones que existen. (SUNASS, 2011).

- Fuente Shilcayo. - La oferta disponible como promedio histórico es de 115 a 130 lps.
- Fuente Cachiyacu.- Esta fuente presenta caudales máximos de más de 2000 lps en épocas de lluvias, caudales medios entre de 600 lps y 500 lps, y caudales mínimos de 350 lps en épocas de sequías; por lo que, se considera un caudal adicional disponible razonable de 260 lps.
- Fuente Ahuashiyacu.- Esta fuente presenta caudales máximos mayores a 3000 lps en épocas de lluvias, caudales medios entre de 1000 lps y 800 lps, y caudales mínimos entre 300 a 400 lps en épocas de estiaje; por lo que considerando el 75% del caudal mínimo, se tiene una oferta adicional razonable 210 lps. (SUNASS, 2011).

1.2.1.2. Captaciones.

La sede central cuenta con 03 captaciones de agua cruda siendo cada una un sistema de producción diferente, teniendo lo siguiente:

- Captación Shilcayo. - El caudal promedio captado es de 115 lps y el caudal máximo de 120 lps.
- Captación Cachiyacu. - De esta captación se obtienen 160 lps, su antigüedad es de 18 años.
- Captación Ahuashiyacu. - Su capacidad de diseño es para captar 120 lps, pero sólo se toma 78 lps, debido a la capacidad actual de línea de conducción Ahuashiyacu.

1.2.1.3. Líneas de conducción de agua cruda.

Se cuenta con 03 líneas de conducción de agua cruda siendo una por cada captación.

Línea de conducción Shilcayo, (Deficiencias):

- Requiere renovar las 13 válvulas de aire y las 4 válvulas de purga. Y construirlas sus respectivas cajas.
- Requiere reemplazar la válvula de $\varnothing 12''$ de ingreso a la planta por encontrarse deteriorada.
- En necesario eliminar las conexiones de agua, clandestinas y autorizadas, a lo largo de la línea de conducción.

Línea de conducción Cachiyacu, (Deficiencias):

- Hay tramos de tubería descubiertos que requiere recubrimiento.
- Se requiere reemplazar 8 válvulas de aire y hacer el mantenimiento de 15 válvulas de purga.
- El acceso a la captación se encuentra en muy mal estado.

Línea de conducción Ahuashiyacu, (Deficiencias):

- Parte de la Línea de conducción atraviesa propiedades privadas y por lo tanto es dificultoso la operación y mantenimiento.

1.2.2. Tecnologías aplicables en las plantas de tratamiento.

Los ríos y arroyos se caracterizan por tener rápidos cambios de calidad. Durante la época de lluvias se presentan incrementos en la turbiedad y otras sustancias orgánicas e inorgánicas debido al lavado y arrastre de los suelos.

En lagos y embalses, el cambio estacional en la calidad del agua es gradual y menos drástico que en los ríos. En los meses de verano el agua se estratifica creando condiciones anóxicas y reductoras en el fondo del embalse que ocasiona la solubilización del fierro y el manganeso, en caso de estar presentes en los sedimentos, creando problemas de color y sabor. Las capas superiores son susceptibles de presentar un alto crecimiento de algas cuando las condiciones de nutrientes y temperatura son favorables. La alternativa de tratamiento de aguas superficiales que tengan problemas con turbiedad, microorganismos y materia orgánica, es la tecnología llamada Filtración en múltiples etapas (FiME), la cual consta de una filtración gruesa en gravas como pretratamiento y la filtración lenta en arena como tratamiento principal. Esta tecnología es de bajo costo, muy eficiente, sencilla y fácil de operar, adecuada para pequeñas comunidades, de aplicación tanto a escala pública como a escala doméstica, además mejora el proceso de desinfección. En esta ocasión sólo se presentarán las tecnologías de aplicación casera. (Gonzales et. al 1998)

1.2.2.1. Filtro grueso.

La filtración gruesa contribuye principalmente a la separación de sólidos finos no retenidos en la sedimentación, pero también pueden mejorar la calidad microbiológica del agua, ya que las bacterias y virus se pueden comportar como sólidos o se adhieren a la superficie de otros sólidos suspendidos en el agua. La concentración de entrada de 10 a 100 mg/l de sólidos suspendidos se puede reducir por un filtro grueso hasta 1 o 3 mg/l; el color se remueve con una eficiencia máxima cercana al 50%, lo mismo el fierro y el manganeso (Visscher et al, 1998).

1.2.2.2. Filtro lento de arena común.

La filtración lenta en arena (FLA) como etapa principal de tratamiento, juega un papel muy importante en el mejoramiento de la calidad del agua en zonas rurales y urbanas marginadas, por su eficacia, facilidad de diseño y sencillez en su operación y mantenimiento. Los filtros lentos de arena reducen drásticamente el número de virus (total),

bacterias (99 - 99.9%), protozoarios o huevos de nemátodos (hasta 99.99%) dañinos para la salud (Visscher et al, 1998)

1.2.2.3. Tratamiento Primario.

En este nivel de tratamiento, una porción de sólidos y materia orgánica suspendida es removida del agua residual utilizando la fuerza de gravedad como principio. Las cifras de remoción comúnmente alcanzadas en aguas residuales municipales son del 60% en sólidos suspendidos y de 30% en la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5). (Noyola et. al 2013).

1.2.2.4. Tratamiento Secundario.

En esta etapa de tratamiento se elimina la materia orgánica biodegradable (principalmente soluble) por medios preferentemente biológicos debido a su bajo costo y alta eficacia de remoción. Básicamente, los contaminantes presentes en el agua residual son transformados por los microorganismos en materia celular, energía para su metabolismo y en otros compuestos orgánicos e inorgánicos. Estas células microbianas forman flóculos, los cuales son separados de la corriente de agua tratada, normalmente por sedimentación. De esta forma, una sustancia orgánica soluble se transforma en flóculos que son fácilmente retirados del agua. En el caso del agua residual doméstica o municipal, el objetivo principal es reducir el contenido orgánico y, en ciertos casos, los nutrientes tales como el nitrógeno y el fósforo. (Noyola et. al 2013).

1.2.2.5. Coagulantes inorgánicos disponibles.

Los productos más comunes en el tratamiento químico de aguas son:

- Sulfato de Aluminio
- Cloruro de Aluminio / Policloruro de Aluminio
- Aluminato de Sodio
- Cloruros de Hierro
- Sulfatos de Hierro

- Mezclas Inorgánicas / Orgánicas

Tradicionalmente el Sulfato de Aluminio (Alum), ha sido el químico coagulante dominando el mercado. Alum ha sido disponible en todo el mundo con un costo razonable porque ha sido fácil de producir, incluso en fábricas muy sencillas. Por esta razón la mayoría de las plantas están diseñadas para Alum, y el personal de las plantas está capacitado para usar el Alum. El Alum está disponible en presentación líquida y sólida, así como en diferentes grados de pureza: producto estándar con un alto contenido de hierro residual, y producto libre de hierro, que prácticamente no contienen nada de hierro. Aún Alum manteniendo su posición como un producto útil, se han desarrollado e introducido en varios nuevos coagulantes en el mercado. A través de la polimerización del hidróxido de Aluminio (normalmente con el ácido clorhídrico) es posible producir coagulantes que son menos ácidos que el Alum (AIDIS, 1996).

1.2.2.6. Ventajas y desventajas de diferentes coagulantes.

- **Sulfato de Aluminio (Alum)**

- Conocido, Buena disponibilidad.
- Plantas normalmente diseñadas para el Alum.
- El personal capacitado para el Alum y conoce su comportamiento.
- Autoridades no cuestionan el uso del Alum.
- Forma flóculo blanco casi invisible.
- Se requiere normalmente un control del Ph.
- El rango de trabajo de pH muy limitado.
- La remoción de material orgánica en el proceso limitada.
- Problemas con agua de alta turbiedad.
- Muchas veces requiere un ayudante de floculación (polímero) para flocular.
- Problemas con alto contenido de Aluminio residual.

• **Policloruro de Aluminio**

Normalmente no requiere un ajuste del pH, en comparación con el Aluminio:

Un rango de trabajo de pH más amplio, Aluminio residual más bajo.

Mejor comportamiento que el Alum:

- En aguas frías
- En la remoción de sustancias orgánicas
- En la remoción de turbiedad y color
- Produce menos lodo
- Manejo más fácil de producto líquido y sólido
- Menor consumo de polímero
- Menor dosis de Aluminio que con el Alum
- Velocidad de reacción muy alta
- Ahorro importante en feltes cuando se utiliza un producto seco
- El producto sólido se disuelve fácil, sin insolubles

En el mercado del tratamiento de aguas existen muchos coagulantes, pero el más usado es sin duda el sulfato de aluminio o alumbre; su fórmula es $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$, y su masa molecular es 600. Cuando la solución de sulfato de aluminio se añade al agua, este se disocia en Al^{+++} y $SO_4^{=}$. El Al^{+++} puede combinarse con coloides de carga negativa para neutralizar parte de la carga de la partícula coloidal, reduciendo así la potencial zeta (relacionado con la carga de la partícula y la distancia a través de la cual la carga es efectiva) a un valor en que la unión de las partículas puede ocurrir (Barrenechea, 2004).

El Al^{+++} puede combinarse de igual forma con los OH^- del agua para formar hidróxido de aluminio.

Aumento de Aluminio soluble:

Causas

- La adición de compuestos de aluminio durante el proceso de coagulación, puede dejar residuos de este metal en su forma

soluble o insoluble. Las formas solubles, más difíciles de eliminar, pueden depositarse en el sistema de distribución. (Junta de Castilla y León, 2009).

- Tanto el pH del agua como la dosis de coagulante pueden causar aumento de la solubilidad del aluminio y elevar la concentración de este compuesto en el agua. (Junta de Castilla y León, 2009).

Soluciones

- Aplicar los coagulantes en la dosis adecuada en función del pH, para conseguir la mínima solubilidad posible del aluminio en el agua. (Junta de Castilla y León, 2009).
- Las formas insolubles del aluminio, normalmente pueden eliminarse mediante una filtración eficiente. (Junta de Castilla y León, 2009).
-

1.2.3. Sub Productos de las plantas de tratamiento.

Según Ramírez (2008), en el tratamiento del agua destinada al consumo humano, las sustancias en suspensión y algunas otras disueltas en esta agua, junto con los residuos de los coagulantes y otros reactivos empleados en el tratamiento, son separadas, quedando residuos de distinta naturaleza que, en un tratamiento convencional, pueden ser los siguientes:

- Residuos de la coagulación/floculación generados principalmente en los decantadores y en los filtros.
- Residuos de posibles procesos de ablandamiento.
- Residuos de la eliminación de hierro, manganeso y del empleo de permanganato potásico.
- Residuos de carbón activo (si se emplea carbón en polvo en el proceso de potabilización).

Todos estos residuos son retenidos en los decantadores y filtros.

La variedad o diferentes características de los fangos dependen esencialmente de la calidad del agua bruta y del tratamiento aplicado.

Los residuos retenidos en los decantadores son lodos que se obtienen en la coagulación, como son los óxidos hidratados de aluminio, junto con

materias de naturaleza orgánica e inorgánica, arrastradas por el agua, siendo en la mayoría de los casos estables y no putrescibles y se van extrayendo periódica e intermitentemente del fondo de los decantadores.

La mayor parte de las materias arrastradas por las aguas superficiales inorgánicas, tales como arcillas, arenas finas y limos.

En cuanto a los residuos procedentes del lavado de filtros, son similares a los antes descritos procedentes de los decantadores, con la fundamental diferencia de su más baja concentración, si bien, como los filtros pueden favorecer el desarrollo biológico, el agua de lavado puede contener mayor cantidad de materia orgánica, que la procedente de las purgas de decantadores. Es una práctica muy corriente reciclar o recuperar el agua procedente del lavado de filtros enviándola a cabecera de tratamiento, o bien evacuar hacia el desagüe general, y de aquí a las corrientes naturales de aguas más cercanas. Pero también se puede enviar a una planta anexa, donde se concentren los sólidos y junto con los procedentes de las purgas de decantadores se someten a un tratamiento específico, para extracción final del residuo sólido, con un determinado grado de humedad. (Ramírez, 2008).

1.2.3.1. Origen de los lodos.

En el proceso y tratamiento del agua se producen lodos como residuo. El volumen de dichos lodos representa del 0.3 al 1% del agua tratada, provenientes de la remoción de sólidos suspendidos presentes en el agua cruda y de reactivos adicionados (Sandoval et al., 1998).

Este proceso ha sido y es uno de los más utilizados en el mundo para el tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico o municipal. Existen alrededor de 13 variantes de lodos activados; los sistemas de flujo pistón, totalmente mezclado de media carga y el de aireación extendida (baja carga) son los más comunes. Una variante particular es el reactor secuencial por lotes (sequencing batch reactor, SBR) que opera en forma discontinua con las etapas de alimentación, reacción, sedimentación y vaciado. La gran ventaja de este sistema es que se lleva a cabo en un solo tanque, el cual cuenta con dispositivos para proveer aeración, mezclado y sedimentación. Este sistema debe contar con al menos dos tanques que funcionen en forma alternada. En los procesos

de lodos activados, los microorganismos se encuentran mezclados con la materia orgánica que digerirán para reproducirse y sobrevivir. Cuando la masa de microorganismo crece y es mezclada con la agitación introducida al tanque por medios mecánicos o de inyección de aire, ésta tiende a agruparse (floculación) para formar una masa activa de microorganismos denominada lodo activado; a la mezcla de este lodo con el agua residual se llama licor mezclado. El licor mezclado fluye del tanque de aireación a un clarificador secundario donde el lodo activado sedimenta. Una porción del lodo sedimentado debe ser retornado al tanque de aireación para mantener una apropiada relación sustrato-microorganismo y permitir así una adecuada degradación de la materia orgánica. (Noyola et. al 2013)

1.2.3.2. Características de los lodos.

Las características del lodo proveniente de una planta de tratamiento de agua potable dependen del origen del agua cruda y de los sistemas usados en el tratamiento del agua y del lodo. Diferentes procesos de tratamiento generan diferentes tipos y volúmenes de lodo. En una planta en particular, las características del lodo pueden cambiar anual, estacional o diariamente. El lodo producido durante la coagulación contiene óxidos e hidróxidos metálicos y contaminantes orgánicos e inorgánicos como: microorganismos, arcilla y arena. En condiciones típicas de tratamiento de un agua proveniente de una fuente superficial y con una dosis de sulfato de aluminio cercana a 30 mg/L, la mayoría del aluminio en el lodo puede ser esperado como hidróxido de aluminio ($\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Estos hidróxidos contienen grandes cantidades de agua atrapada en su molécula, lo que genera una suspensión de lodo voluminosa con una concentración de sólidos y propiedades de deshidratación bajas. . (Moran et. al, 1998).

Si consideramos que la mayor parte de las sustancias disueltas en el agua bruta no quedarán retenidas en el proceso de tratamiento, a excepción de aquellas (por ejemplo, los compuestos de Mn^{++} y Fe^{++}) que al oxidarse pasan a insolubles, de aquellas otras como la materia orgánica que puede quedar adsorbida por los propios flóculos o aquellas

que pueden llegar a precipitar (por sobrepasar el producto de solubilidad correspondiente, por ejemplo sulfatos y carbonatos), y que en el agua tratada no hay materia en suspensión alguna, los lodos procedentes del tratamiento del agua están formados, fundamentalmente, por la materia en suspensión del agua bruta, los hidróxidos de aluminio generados al incorporar el coagulante (generalmente sulfato de aluminio), por alguna otra sustancia insoluble empleada en el tratamiento, como por ejemplo carbón activo y por los posibles óxidos e hidróxidos insolubles de hierro y manganeso que pudieran formarse, así como por la materia orgánica disuelta que ha sido retenida en los flóculos. (Ramírez, 2008).

1.2.4. Compuestos de Aluminio en tratamientos de agua.

El aluminio es un componente natural de las aguas superficiales y subterráneas. La mayoría de las autoridades del agua alrededor del mundo utilizan el sulfato de aluminio (alum) como agente floculante en el tratamiento de sus suministros de agua. Un agente floculante es una sustancia que, añadida al agua, atrae las pequeñas partículas de materia inorgánica, bacterias, virus y otros organismos potencialmente peligrosos para los humanos, ayudando a su filtrado. Algunos suministros de agua no necesitan tratamientos con floculantes mientras que otros no son potables sin tratamiento debido a su contenido de lodos, compuestos químicos presentes de forma natural y bacterias y virus causantes de enfermedades (AEA, 2009).

Existe una recomendación de la OMS sobre contenido de aluminio en el agua potable proveniente de plantas de tratamiento estableciendo 0,1 mg/L para grandes instalaciones y 0,2 mg/L para pequeñas basadas en la optimización práctica del proceso. Esta recomendación se ha establecido por motivos de aspecto visual y sabor. No se ha establecido por parte de la Organización Mundial de la Salud ninguna limitación del contenido de aluminio en agua potable basada en criterios sanitarios. La Comisión Europea ha adoptado la misma recomendación (AEA, 2009).

Todas las aguas contienen aluminio. En aguas neutras está presente como compuestos insolubles, y en aguas altamente ácidas o alcalinas se puede

presentar en solución. Algunos estudios epidemiológicos han investigado la posible relación entre el aluminio en el agua y la Enfermedad de Alzheimer. Estos muestran resultados muy diversos, sobre todo por la dificultad de corregir todos los muchos factores que influyen en el resultado. Un estudio reciente (2008) realizado en Canadá, cuyos autores han tratado de controlar todos los otros factores, no muestra ninguna relación entre el contenido de aluminio del agua y la E.A. Hay que tener en cuenta en cualquier caso que el aluminio contenido en el agua representa menos del 1 % de la ingesta diaria de aluminio. Algunos artículos han sugerido la hipótesis de que el aluminio presente en el agua es más bio-disponible que el de otras ingestas (AEA, 2009).

Otto (1995) sugiere que no es así, y un estudio de Australia (1998) muestra que la bio-absorción del aluminio presente de forma natural en los alimentos y la del contenido en aguas tratadas con “alum” son idénticas. Los últimos estudios sobre animales demuestran que es imposible predecir el nivel de aluminio presente en el cuerpo humano calculando sólo el del agua potable. Un estudio de US comprobó que el 40% de las plantas de tratamiento de aguas presentaba niveles de contenido de aluminio en las aguas tratadas inferiores a los de las aguas sin tratar (AEA, 2009).

1.3. Definición de Términos Básicos.

Aluminio disponible: representa el que puede realmente ser extraído por disolución con ácido y el comportamiento de la conductividad durante la acidificación indica claramente en qué momento concluye la reacción. (Moran et. al, 1998).

Aluminio: es el elemento metálico más abundante y constituye alrededor del 8% de la corteza terrestre. Es frecuente la utilización de sales de aluminio en el tratamiento del agua como coagulantes para reducir el color, la turbidez, y el contenido de materia orgánica y de microorganismos. Este uso puede incrementar la concentración de aluminio en el agua tratada; una concentración residual alta puede conferir al agua color y turbidez no deseables. La concentración de aluminio que da lugar a estos problemas es, en gran medida, función de varios parámetros de calidad del agua y factores relativos al funcionamiento de la planta de tratamiento del agua.

La principal vía de exposición al aluminio de la población general es el consumo de alimentos, sobre todo de los que contienen compuestos de aluminio utilizados como aditivos alimentarios. La contribución del agua de consumo a la exposición total por vía oral al aluminio suele ser menor que el 5% de la ingesta total. (OMS, 2003).

Coagulación: a través de esto se agrega un químico al agua para aglomerar y remover las partículas en suspensión (CDI Y DT, 2009).

Floculación: Este proceso consta en la aglomeración de las partículas suspendidas en el agua hasta tener el peso suficiente para poder sedimentarse (CDI Y DT, 2009).

Sedimentación: Proceso por el cual se deja el agua en reposo en tanques con el fin de que se decanten los flóculos formados en el anterior proceso (CDI Y DT, 2009).

Filtración: El agua pasa a través de un medio poroso, en donde todas las partículas que aún no han sido eliminadas en procesos anteriores son retenidas (CDI Y DT, 2009).

Desinfección: En este proceso se destruyen o inactivan los microorganismos patógenos por medio de la adición de una sustancia química u otro proceso (CDI Y DT, 2009).

Sólidos en suspensión: Partículas que se mantienen disueltas en el agua debido a su naturaleza coloidal. No sedimentan por gravedad por lo que es necesario la adición de un agente floculante para poder extraer estas partículas del agua. (Junta de Castilla y León, 2009).

Vertedero hidráulico: El vertedero es una estructura hidráulica destinada a permitir el paso, libre o controlado, del agua en los escurrimientos superficiales. (Junta de Castilla y León, 2009).

CAPITULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales

- 1 Vagueta de vidrio que se utilizará, en el laboratorio, para agitar las mezclas de agua con reactivos previstos e indicados y permitir su homogenización dentro del vaso de precipitado.
- 3 matraz Erlenmeyer, es el recipiente de vidrio utilizado para realizar las mezclas entre los ácidos incluidos al agua para su análisis, además de ser utilizado como el material para reposar cuando estos reactivos calientan la muestra de agua.
- 1 papel toalla, utilizado para la limpieza de las superficies de los frascos y de los vasos de precipitados superficialmente con la finalidad de no obstaculizar la vista con contenido fuera de lugar.
- 3 frascos de muestras de plásticos que fueron utilizados al momento del traslado y recepción en el laboratorio de la facultad de Ecología, en donde se realizó el análisis.
- 3 vasos de precipitado de 50 mL que fueron utilizados para verter la muestra de agua a la cantidad establecida, y realizar las mezclas proporcionales a la cantidad de muestras.
- 3 vasos de precipitado de 100 mL de vidrio y fueron utilizados para verter la muestra de agua y comenzar a separar y analizar.
- 1 Couler fue el recipiente utilizado para conservar las muestras a una temperatura menor a la del ambiente, con la finalidad de conservar las muestras hasta su llegada a la ciudad de Moyobamba desde Tarapoto.

2.1.1. EPPs

- 1 Guardapolvo de tela color blanco, utilizado como equipo de protección personal dentro del laboratorio, conservando la higiene dentro del mismo.
- 1 Capota de plástico que se utilizó en campo al momento de las salidas a recolectar las muestras, tomando en cuenta las condiciones climáticas.

- 1 Botas de jebe fueron los calzados que se utilizaron para atravesar los caminos poco accesibles hasta la llegada a la recolección de muestras dentro del área de estudio.
- 6 Mascarillas, utilizadas como protección dentro del laboratorio, con la finalidad de protegernos de los gases y olores que pueden emitir los reactivos dentro del agua.
- 12 pares de Guantes esterilizados de plásticos utilizados para proteger las manos de las muestras que serán analizadas y manipuladas.

2.1.2. Insumos:

- 1 L de agua destilada, utilizado para el lavado de los frascos y la limpieza de algunos materiales dentro del procesos de análisis.
- Aluminio (Reactivo) (Ácido ascórbico, ALUVER y Bleaching 3), fueron el bloque de reactivos utilizados para el análisis de aluminio dentro del laboratorio, el cual tuvo sus tiempos y procedimientos.

2.1.3. Equipos:

- 1 colorímetro DR 900, es el equipo portátil que fue utilizado para la realización de los análisis respectivos de aluminio dentro del laboratorio es familia de productos de laboratorio de Hach para aplicaciones de control de calidad.
- GPS Carmin, el equipo de coordenadas satelitales, que sirvió para la ubicación y georreferenciación satelital del punto de muestreo.

2.2. Métodos

2.2.1. Ubicación y delimitación de los puntos de muestreo.

Se realizó la ubicación y determinación del punto de muestreo, con la ayuda de equipos de georreferenciación (GPS), y de esta forma se pudo identificar los lugares donde se realizaron la extracción de muestras:

- Punto 01: antes del vertimiento de lodos de la PTAP
- Punto 02: después del vertimiento de lodos de la PTAP

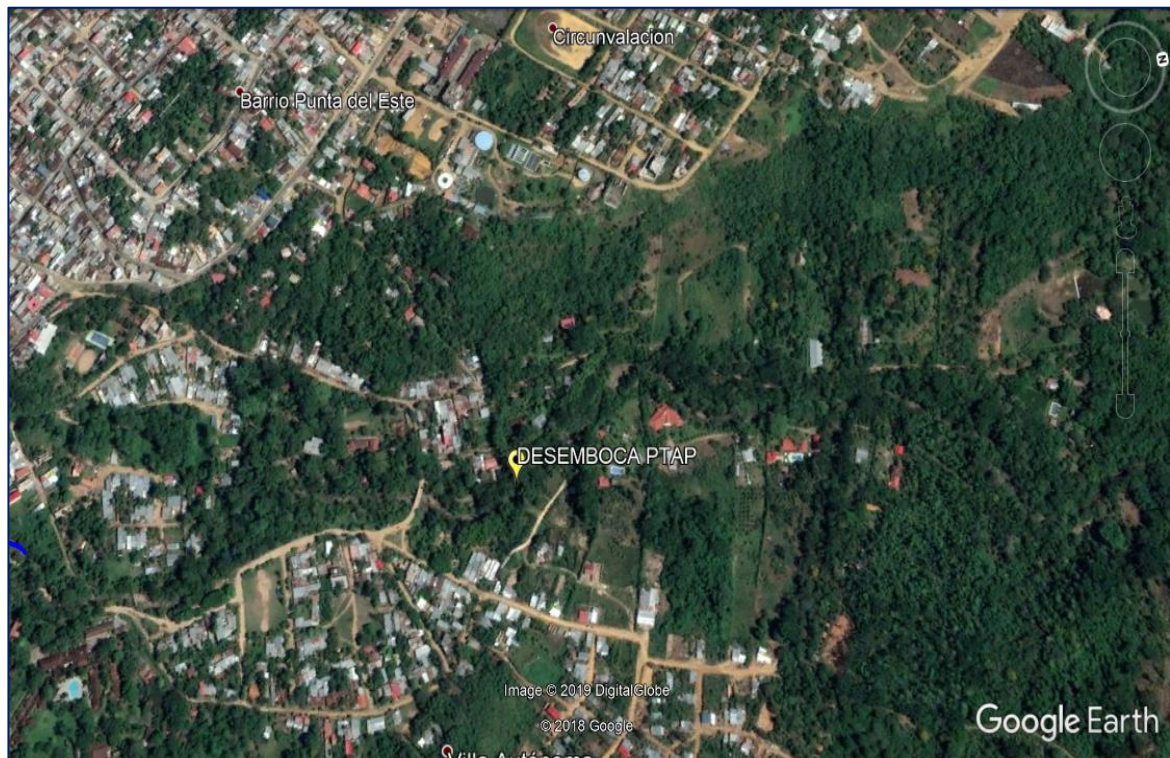


Figura 1. Localización de los puntos de monitoreo.

2.2.2. Frecuencia de muestreo.

La tasa o frecuencia de muestreo es el número de muestras por unidad de tiempo que se toman, para esto se realizaron un total de cinco muestreos. Intercalados menores a 15 días de diferencia.

2.2.3. Toma de muestras.

Se realizó la toma de la muestra en un envase de plástico, realizando los siguientes pasos:

Se destapó el recipiente y rápidamente fue sumergido a una profundidad de 20 cm., tomándolo del cuello. Cuando hubo corriente, la boca del recipiente se orientó en sentido contrario a ella. Cuando no hubo corriente, se movió el recipiente en semicírculo. Una vez lleno, se levantó rápidamente y se tapó de inmediato.

En todos los casos se llenó completamente el envase y se tapó, para luego rotular y enviar al laboratorio Ingeniería Sanitaria de la facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín (Anexo 02)

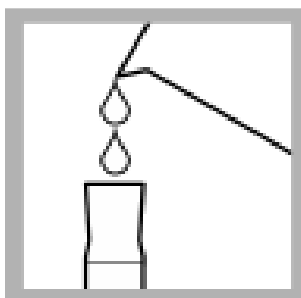
2.2.4. Análisis de Aluminio.

Se realizó una serie de procedimientos para el análisis de aluminio en el equipo DR 900, con los reactivos ya indicados.

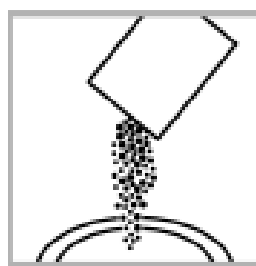
1. Prender y programar el equipo DR 900 en el programa de medición de aluminio



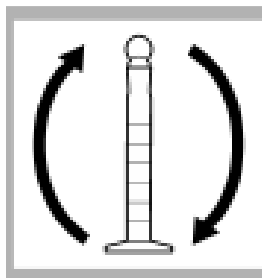
2. Llenar un vaso de precipitado con la muestra de agua hasta los 50 mL



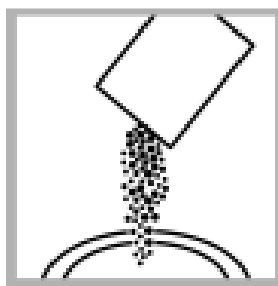
3. Añadir el contenido del reactivo de ácido ascórbico al vaso de precipitado



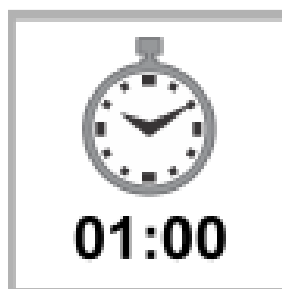
4. Girar de arriba hacia abajo agitando el contenido de la muestra para mezclar con el reactivo y esperar hasta disolver los cristales del reactivo.



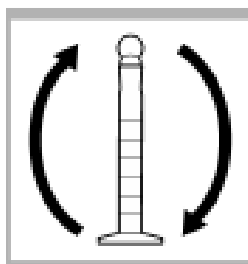
5. Añadir el reactivo de ALUVER a la muestra y mezclar



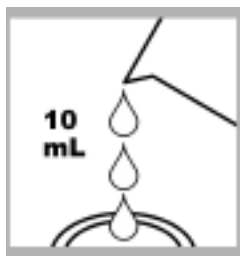
6. Esperar 1 minuto



7. Volver a realizar la mezcla e invertir el frasco



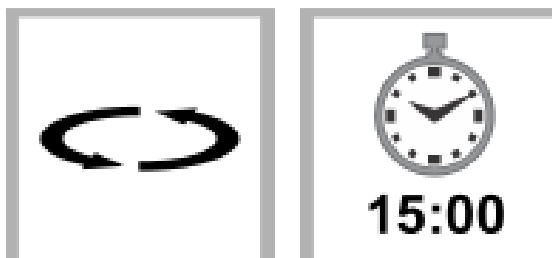
Separa 10 mL de muestra como testigo o blanco



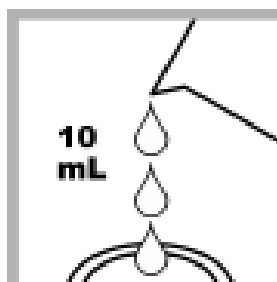
8. Colocar el reactivo Bleaching al recipiente y finalmente esperar 30 segundos



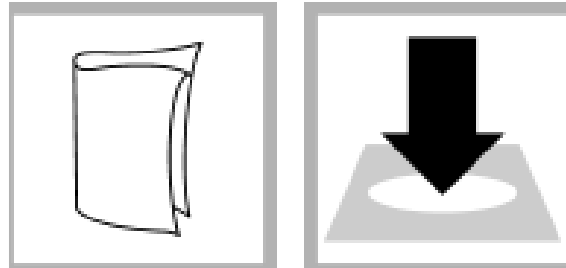
9. Mezclar las muestras y esperar 15 minutos para su reacción



10. Finalmente, pasado el tiempo separar otros quince minutos de la muestra inicial en otro frasco de 10 mL



11. Limpiar e insertar en el equipo para su medición



2.2.5. Análisis de la cantidad de lodos.

- Primero: se calcula el caudal representativo en Kg /hab
Se tiene como dato que el caudal de agua procesado en la planta es de 160 L/s que se asume para cada habitante.
Se utiliza el coeficiente de 86.4 para la conversión de L/s a Kg/s
Se multiplica por el factor 0.05
 $C = \text{caudal} * 86.4 * 0.05$
C: Concentración/caudal por habitante
- Segundo: se calcula la masa de sólidos obtenidos en Kg/día
 $Msl = 0.5 * 0.7 * 0.5 * C + 0.5 * 0.3 * C$
Msl = masa de sólidos diarios
- Tercero: se calcula el **volumen de sólidos en L/día**
 $Vld = Msl / d * \%$
En donde d = es la densidad del solido en 1.05 Kg/L y % es el porcentaje expresado entre 8 - 12
- Cuarto: se calcula el **volumen de solidos a extraerse en m³**
 $Vel = (Vld * Td) / 1000$
Td es el tiempo de digestión en días (según la OS 090), para 18°C se considera 46 días.

Análisis mediante:

Tabulación y representación gráfica, consiste en construir tablas, en las que se resumió la información obtenida y se representó mediante, cuadros, y gráficos estadísticos.

Presentación tabular, una tabla consta de varias partes, las principales son las siguientes:

Tabla 1

Seguimiento del muestreo.

Aluminio	Antes	Después
muestreo 1		
muestreo 2		
muestreo 3		
muestreo 4		

Para encontrar el impacto que el proceso genera:

El procedimiento para determinar el Impacto del vertido de lodos del proceso de potabilización del agua en la cantidad de Aluminio en las aguas del río Shilcayo será el siguiente:

- Determinar las concentraciones de aluminio de las muestras tomadas en los puntos establecidos (antes de la descarga y después de la descarga).
- Una vez determinada las concentraciones en ambos puntos de muestreo se procede a comparar ambos datos y se encontrará una clara diferencia respecto a la concentración de aluminio antes de la descarga con la concentración de aluminio después del lugar donde se vierten los lodos.
- Los datos encontrados del muestreo se compararán con los Estándares de Calidad Ambiental, para determinar que tanto esta cerca de sobrepasar y en cuanto sobrepasa estos valores de aluminio.
- Una vez contrastados los datos de las concentraciones con los ECA y también haber encontrado una diferencia significativa entre ambas cantidades se determinará el impacto que las concentraciones de aluminio generan en las aguas del río Shilcayo.
- Cabe mencionar que el aluminio no solo afecta a la calidad del agua sino también al suelo y al aire.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Descripción del proceso de tratabilidad del agua.

Para la realización del análisis y estudio del proceso se tomó en cuenta la Planta de Tratamiento de Agua Potable CACHIYACU, es de tipo hidráulico convencional con filtración rápida. La planta fue diseñada para una capacidad de 160 L/s. Actualmente tiene una capacidad aproximada de 106 L/s.

3.1.1. Coagulación

- **Punto de aplicación:** La planta cuenta con un canal Parshall donde se podría dosificar el coagulante (sulfato de aluminio), sin embargo, posterior a este canal se encuentra una rampa que genera también turbulencia por lo que ahí se realiza el punto de aplicación. En campo se observó que aguas abajo de la tubería de dosificación de coagulante se ubica otra turbulencia que maltrata al micro floculo.

- **Dosis óptimas**

La planta no cuenta de data de laboratorio de dosis óptima para la diferente turbiedad que presenta el agua cruda. Durante la operación los operadores regulan la dosificación de sulfato de aluminio de acuerdo a experiencias anteriores.

No se aplica dosificación de coagulante para turbiedad menor de 10 NTU, lo que ocurre aproximadamente el 90% del tiempo. Esta práctica genera que no se activen los filtros para la remoción microbiológica.

La planta cuenta con equipo de prueba de jarras, pero no existe un personal designado para la realización de estas pruebas.

- **Dosificadores**

Observación

La planta cuenta con 02 dosificadores del tipo seco-volumétrico, durante la visita uno de ellos se encontraba inoperativo. El dosificador operativo cuenta con su mezclador eléctrico.

La planta no cuenta con una curva de calibración del dosificador, no se conoce exactamente la cantidad de coagulante aplicado. Este tipo de

dosificadores requieren ser calibrados con frecuencia para mantener su exactitud, recomendándose una frecuencia de 6 meses. Se debe considerar que también son susceptibles a cambios generados por la humedad.

El agua que abastece a los dosificadores proviene de un reservorio, por lo que el caudal varía con la altura de agua en el tanque. El caudal no es medido, la regulación (grado de apertura de la válvula) depende del criterio del operador. Esta práctica afecta la dosificación ya que modifica la concentración de la dosis aplicada, siendo recomendable utilizar un sistema de caudal constante.

Residuos generados en la operación y mantenimiento:

Los residuos generados deberán disponerse en los tachos señalizados y/o punto de acopio general de la planta.

- Bolsas de sulfato de aluminio. (Residuo Especial)
- Residuos generales como parte del mantenimiento.

Almacén de Coagulante

Observación

El coagulante Sulfato de Aluminio, se almacena en el almacén central de la EPS, ubicado en la edificación donde también se ubica la PTAP. Los sacos de sulfato de aluminio se trasladan a la sala de dosificación de acuerdo al consumo de la misma.

Las bolsas se encuentran adecuadamente apoyadas sobre una tarima, sin embargo, también se apoyan en la pared que puede transmitir humedad durante el largo tiempo que las bolsas permanecen en la sala de dosificación, ya que solo se utiliza el coagulante cuando la turbiedad es mayor a 10 NTU.

3.1.2. Flocculación

Observación

La repartición de caudal en ambos flocculadores no es uniforme recibiendo un mayor caudal el flocculador 1, recibiendo $2/3$ de la totalidad del caudal. Esto se debe al canal de repartición del agua coagulada, que no cuenta con la geometría adecuada para la repartición uniforme.

El tiempo de retención en ambos floculadores de 25 y 23 minutos respectivamente para el floculador 1 y 2, se considera aceptable.

El tipo de flujo predominante es el flujo pistón, lo que es deseable para estas unidades. En ambos floculadores no se tomaron las medidas de nivel de agua de salida del canal 7, por lo que solo se ha calculado las gradientes para los tramos del 1 al 6.

En el floculador 1, Se identifica que los gradientes varían de 88 S-1 a 36 S-1, se recomienda que los gradientes permanezcan entre 70 a 20 S-1.

En el floculador 2, Se identifica que los gradientes varían de 100.95 S-1 a 40 S-1, se recomienda que los gradientes permanezcan entre 70 a 20 S-1. El gradiente de 100.95 es elevado y se presenta en el canal 3 lo que maltrata al floculo que ya se estaba formando en los canales anteriores. Al igual forma el gradiente en el tramo 5 es mayor al gradiente del canal 4 lo que maltrata al floculo.

Residuos generados en operación y mantenimiento:

- Natas
- Restos de algas
- Lodo floculento

3.1.3. Decantación

Observación

Se cuenta con 03 unidades de decantación de flujo laminar, la unidad se encuentra en buen estado de conservación.

Cada unidad presenta 02 módulos de dimensiones de 2.40x8.0m. Las placas son de vinilona y están instaladas a una distancia horizontal de 10cm. Durante la evaluación del 2015 los decantadores no contaban con placas, siendo recomendación del informe de evaluación la instalación de placas. Estas placas fueron instaladas en el 2016.

La recolección se realiza mediante tuberías perforadas de PVC. La distancia vertical de las vinilonas a la tubería de recolección es 0.98m, con lo cual aseguramos que no se arrastre sedimentos al agua decantada.

Cada módulo cuenta con 06 tubos de recolección, cada tubo con 23 perforaciones de diámetro de 0.5” (12.5mm). De acuerdo a la longitud de las tuberías y utilizando la tasa de recolección recomendada de 2 L/s/m, los tubos tienen capacidad para recolectar 173L/s.

Las válvulas de purga presentan fugas mínimas en los decantadores 1 y 2, requiriendo mantenimiento.

Residuos generados en operación y mantenimiento

- Gran concentración de lodo purgado de la unidad.
- Deterioro de las placas paralelas en sus juntas con la pared de concreto, debido a que no se consideró realizarla con material inoxidable, generando concentración de óxido al estar en constante contacto con agua.

3.1.4. Filtración

Observación

Referente al lavado de filtros se observó que:

- La tasa declinante no ha sido establecida definitivamente.
- No se cuenta con el vertedero de control o niveles máximos establecidos en los filtros para indicar el momento en que se debe realizar el lavado de los filtros.

Residuos generados en el mantenimiento:

- Restos de algas
- Agua turbia
- Arena con diferentes características a las iniciales (Cambio de lecho filtrante).

3.1.5. Cloración

Se cuenta con 01 cilindro de 970Kg y clorador de aplicación directa, el inconveniente de estos cloradores es la dosis varía con la presión del cilindro.

Durante la visita a la casa de cloración se observó lo siguiente:

- No se cuenta con sala de cloración. Se cuenta con una caseta provisional.

- Solo se cuenta con 01 cilindro, con lo cual se producirá desabastecimiento durante el cambio de cilindro.
- No se cuenta con balanza para determinar el consumo de cloro.
- El cilindro no cuenta con una base de apoyo adecuada lo cual representa un riesgo ya que el cloro líquido es altamente peligroso.
- No se cuenta con tecla para poder trasladar un cilindro de esta capacidad.
- No se cuenta con kit de emergencia en caso de fuga.

Tabla 2*Evaluación del proceso de potabilización*

Procesos de potabilización	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
Coagulación (Punto de aplicación)		x		
Dosis optima				x
Dosificadores			x	
Almacén de coagulante		x		
Floculación	x			
Decantación	x			
Filtración		x		
Cloración			x	

Por las razones expuestas, en donde se hace referencia a todas las dificultades relacionadas a su utilización y/o la infraestructura, se ha evaluado, cada proceso en su debido momento y lugar, para calificarlo desde bueno, regular, malo y muy malo, según la normatividad de la empresa y los informes técnicos de seguridad y salud, es así que se ha llegado a determinar sus deficiencias al momento de realizar la potabilización del agua, en esta oportunidad se ha visto conveniente determinar el grado de riesgo que estas traen consigo, al no ser controladas y llevadas de la mejor forma.

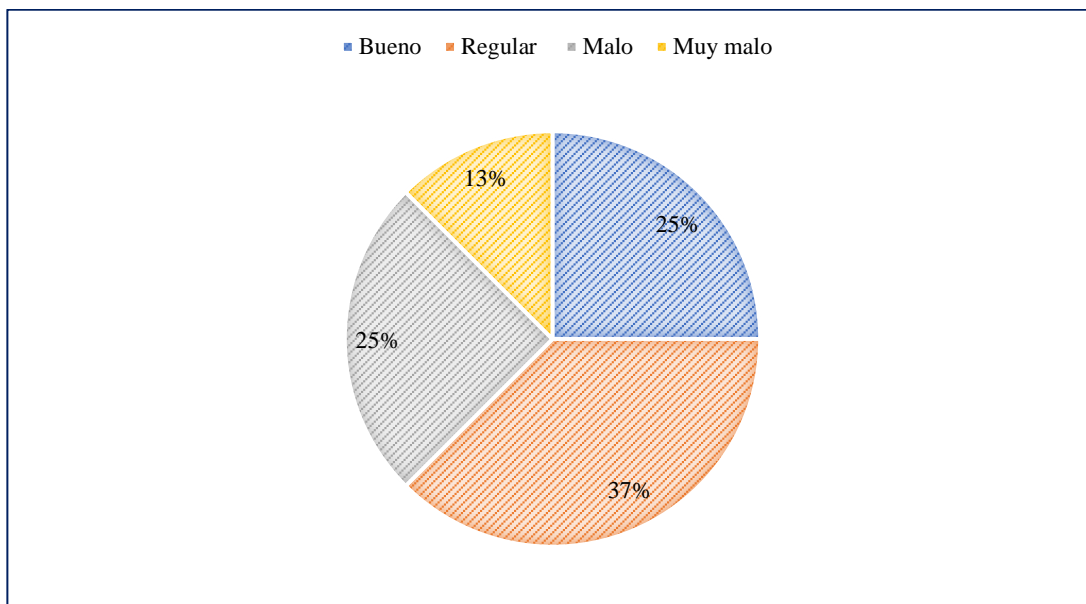


Figura 2. Evaluación del proceso de potabilización

Interpretación:

Llegando a determinarse que de los ocho procesos analizados en la planta de tratamiento, el 25% de estos son buenos, es decir tienen algunos problemas pero funcionan con normalidad, en ello están los floculadores y decantadores, los mismos que han sufrido de arreglos y modificaciones todos estos años; luego están el 37% de los procesos que se consideran regular y en ellos se observa a la coagulación, el lugar donde se almacenan los coagulantes y la filtración; finalmente se consideró un 25% de estos procesos malos y un 13% muy malo, en ellos se ve a la dosificación (la cual no se realizada de la forma adecuada) y la cloración que no cuenta con la infraestructura adecuada para funcionar o dejar de hacerlo, finalmente está la dosis óptima, la cual ha sido totalmente apartada y no se realiza, esto nos lleva a deducir grandes problemas sobre todo en la dosificación.

Determinación de la cantidad de lodos

$$C = \frac{1}{b} \text{ Kg/ha}$$

C=Caudal representativo

$$C = 160 * 86.4 * 0.05$$

$$C = \mathbf{691.2 \text{ Kg/hab}}$$

2

Masa de solidos

$$Msl = 0.5 * 0.7 * 0.5 * c + 0.5 * 0.3 \quad \text{Kss/di}$$

$$*c \quad a$$

$$Msl = \quad \mathbf{224.64 \text{ Kss/día}}$$

3

Volúmen de sólidos (Lodos)

$$Vld = Msl/d * \%$$

$$d = \quad 1.05 \text{ Kg/L}$$

$$\% = \quad 8 - 12 \quad 10\% \quad 0.1$$

$$Vld = \quad \mathbf{2139.43 \text{ L/día}}$$

4

Volumen de sólidos a extraerse

$$Vel = (Vld * Td) / 1000$$

$$Td = \quad \text{Tiempo de digestión en días (os$$

$$46 \quad 090)$$

Para 18°C se considera 46 días

$$Vel = \quad \mathbf{98.41 \text{ m}^3}$$

Leyenda:

C: Concentración/caudal por habitante

Msl: Masa de sólidos diariamente

Vld: Volúmen de lodos (sólidos)

Vel: Volúmen de sólidos a extraerse

Td: Tiempo de digestión

Interpretación:

Para la primera parte que es el caudal representativo (C) se han utilizado datos obtenidos de la planta de tratamiento de Shilcayo en la ciudad de Tarapoto, la cual nos indica que como caudal procesado y a procesar es de 160 L/s este se multiplica por 86.4 para convertirlo a Kg/día y se considera que como sólidos en suspensión producto de la coagulación y floculación 0.05 Kg/hab*día, con la multiplicación de estos se obtiene aproximadamente la cantidad de lodos producidos diariamente en la planta de tratamiento de agua potable y que abastece solo a una parte de la población de Tarapoto. En el segundo punto se utiliza una fórmula ubicada en los textos del CEPIS para determinar la masa de sólidos en el día, para el cual se hizo uso del caudal representativo calculado.

Finalmente en el punto 3 se calcula el volumen de sólidos utilizando como dato un porcentaje de 10% y la densidad 1.05 Kg/m³ de esta forma se obtienen la masa de lodos que se tienen diariamente. Luego aparte del uso del manual CEPIS se hará uso de las recomendaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones la OS 090 y se calcula que cada 46 días se obtiene 98 m³ de lodos que deben de apartarse.

3.2. Concentración de aluminio disuelto en el agua del río Shilcayo.

Se colocaron los datos registrados en el análisis de aluminio del agua del río Shilcayo, en función a la descarga de lodos, estipulados en la siguiente figura y en el anexo 4:

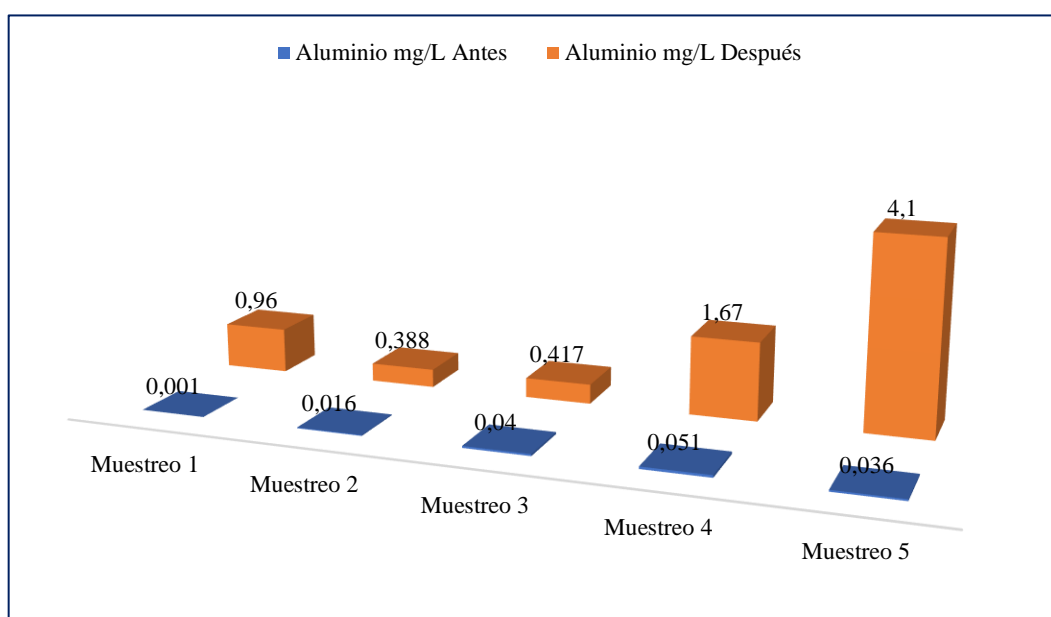


Figura 3. Concentración de aluminio antes y después de la descarga

Interpretación

Los muestreos realizados fueron cinco los cuales fueron tomados cada quince días, así mismo cabe mencionar que estos han sido tomados antes de la descarga de lodos y después de la descarga de lodos a solo un par de metros del vertimiento, esto debido a que metros abajo existen otras fuentes de contaminación, como aguas residuales; que podrían alterar la concentración de Aluminio; en la figura mostrada se puede ver que la concentración de aluminio representada por las barras azules son las muestras tomadas antes de la descarga y representan un porcentaje mínimo del contenido de aluminio cuyo valor más elevado es de 0.051 mg/L, por lo contrario las barras naranjas representan el valor del aluminio presente en el agua luego de que se ocasionará el vertimiento en las misma las cual se encontró en la muestra 2 con el contenido mínimo de 0.388 mg/L y en el último muestreo 4.1 mg/L de aluminio residual.

3.3. Comparación del parámetro Aluminio, con los ECAS

Se ha realizado el análisis de acuerdo a lo estipulado en el D.S. 004 – 2017 MINAM, en la categoría poblacional y recreacional, tomando como referencia la subcategoría A1, en donde nos indica que el valor límite de aluminio en el agua es de 0.9 para tratamiento y en este caso, superamos aquel valor, cabe recalcar que no se ha comparado con los LMP porque no existe un reglamento que regule los metales que eliminen las plantas de tratamiento de agua potable:

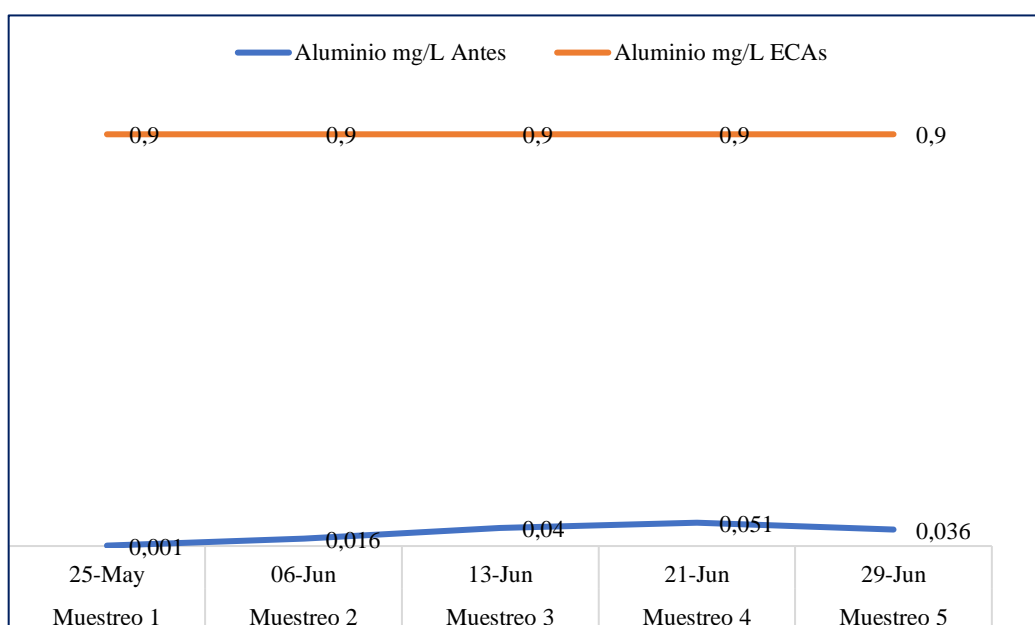


Figura 4. Comparación del monitoreo de aluminio pre descarga con los ECAs

Como se muestra en la figura, los valores encontrados en los análisis realizados durante semanas con respecto al aluminio presente en las aguas del río Shilcayo, antes del vertimiento que existe en esta zona, se puede ver que los resultados son estables y menores en gran manera los establecido por el estándar, esto quiere decir que inicialmente el agua se encuentra en buen estado, encontrándose como mayor valor el muestreo con mg/L (Ver anexo 4).

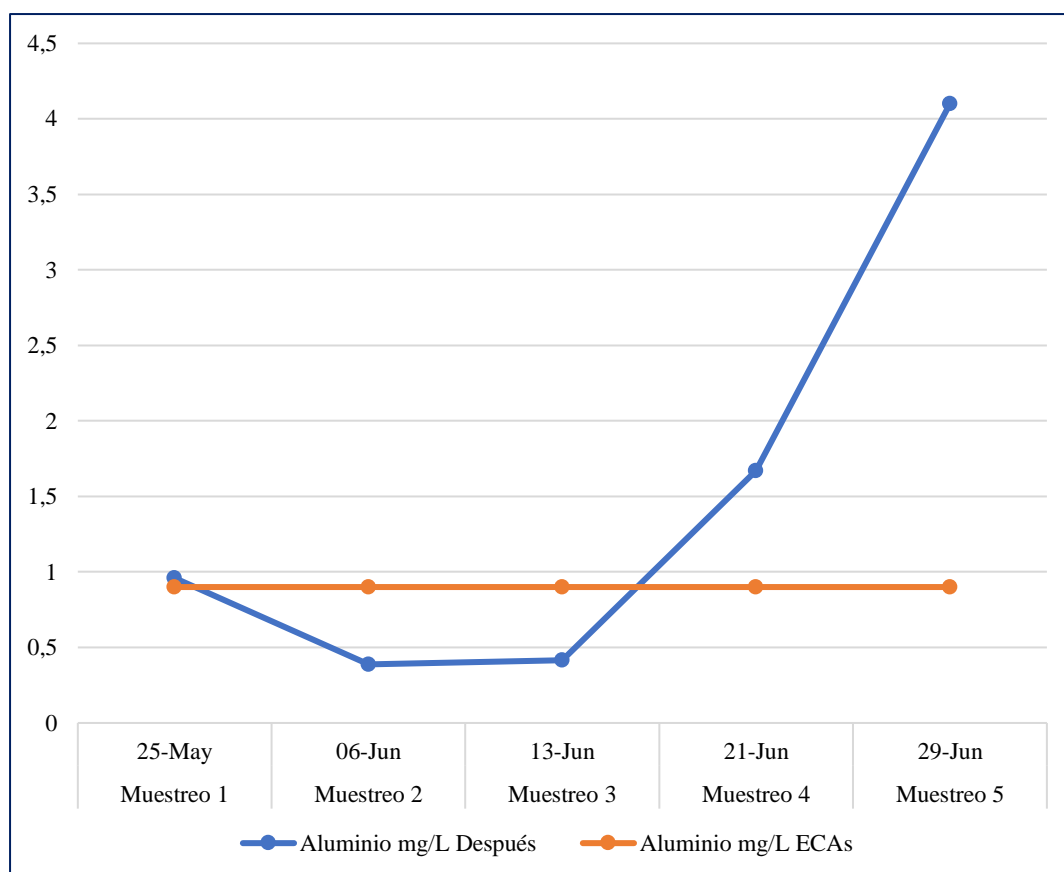


Figura 5. Comparación del monitoreo de aluminio post descarga con los ECAs

Se ha realizado una línea de tendencia para advertir los valores fluctuantes en tiempos determinados, en donde se realiza el vertimiento de lodos, productos del tratamiento de aguas residuales, se ha tomado el muestreo para comparar con los ECAs después del vertimiento y se puede observar que en los dos últimos muestreos se ha superado notablemente el valor referencial que exige la norma peruana, así mismo el aluminio siendo máximo 0.9 mg/L llegó hasta los 4.1 mg/L en la escorrentía del río Shilcayo (Ver anexo 4).

Impacto de los lodos generados:**Impactos por el vertido de lodos:**

El principal impacto en las aguas del río Shilcayo se da debido al aumento proporcional de la concentración del aluminio post descarga de los lodos. Debido a que las concentraciones del post vertimiento tienen un aumento significativo a comparación del muestreo del antes de la descarga de los lodos. Todos los resultados de los análisis de las concentraciones de aluminio después de la descarga arrojaron resultados en que se evidencia el aumento de la concentración en comparación con los resultados de las muestras antes del lugar de la descarga. Aumentando notablemente los últimos dos muestreos (en el 4to muestreo de 0.001 mg/l aumentó en 1.669 mg/l la cantidad de aluminio arrojando 1.67 mg/l; en el último muestreo se tiene que los resultados de antes del vertimiento 0.036 mg/l aumentó en 4.064 mg/l la concentración de Aluminio, arrojando 4.100 mg/l). esto nos indica que impacta de forma negativa la calidad del agua debido a que las concentraciones exceden lo estipulado por la norma en el D.S. 004 – 2017 MINAM.

Contaminación del agua por el vertido de lodos directamente al río Shilcayo; puesto que la zona más cercana al río ha demostrado el contenido de color oscuro con concentraciones elevadas de turbidez y variación en su contenido de aluminio, según la figura N° 03: Concentración de aluminio antes y después de la descarga (Ver anexo 03).

Contaminación del aire, debido a las concentraciones de gases que se generan dentro de la tubería que expulsa los lodos generados y guardados dentro de la planta de tratamiento y al ser vertido al río Shilcayo (Ver anexo 03).

Contaminación del suelo, los vertidos de los lodos del tratamiento de agua son expulsados directamente al suelo en zonas donde las tuberías se encuentran rotas y la estructura de los canales de desagüe presentan debilitamiento. (Ver anexo 03).

Erosión del suelo, en el punto del vertido de lodos la erosión del suelo se muestra socavado y la erosión ha abarcado un área excesiva de espacio al punto de que las autoridades han construido un pavimento de hormigón y cemento para evitar su continua erosión (Anexo 03).

Tabla 3*Principales impactos de la descarga de lodos*

Aspecto ambiental	Generación de lodos	
	Impacto ambiental	Positivo/Negativo
Calidad del aire	Emisión de gases	Negativo
	Emisión de olores	Negativo
Calidad de agua	Cambio de color del agua	Negativo
	Eutrofización	Negativo
Calidad del suelo	Vertimiento de lodos al río Shilcayo	Negativo
	Vertimiento de lodos al suelo por fisuras	Negativo
	Alteración del paisaje visual	Negativo
	Deforestación	Negativo

3.4. Discusión de resultados:

En la investigación de Nuñez y Peña (2011), se estudió la posibilidad de recuperar el sulfato de aluminio mediante acidificación con ácido sulfúrico (25%), a partir de lodos recolectados de los sedimentadores y lavado de filtros en la planta de tratamiento de aguas de la empresa Aguas de Cartagena S.A E.S.P, se sabe que los lodos generados dentro de la planta de tratamiento de agua potable en la ciudad de Tarapoto no son reutilizados, mucho menos aprovechados, existen lodos que son evacuados tanto de la dosificación, de la floculación y en mayor proporción del proceso de decantación, es algo que no se espera suceda en una planta de tratamiento de agua, donde es fundamental el coagulante de aluminio pero, se debe fraccionar o manejar adecuadamente para evitar valores sumamente elevados.

Otra investigación realizada para aprovechar el aluminio de los lodos es el de Moran et. al (1998); tratamiento que consiste en el espesamiento inicial de los mismos utilizando polímeros comerciales y la acidificación del lodo, ya espesado para la recuperación de aluminio, lo que se plantea en esta investigación sobre el uso de polímeros no se realiza acá, por muchas razones, las cuales, también nos traen consigo la acumulación de lodos en los decantadores, y estos tienen residuos de aluminio.

En la investigación de Acosta et. al (2008), realizó el análisis simple de la calidad del agua, en varios ríos que cerca de la población, llegando a concluir que la presa llamada La Esperanza de Tulancingo, Hidalgo se encuentra en estado avanzado de eutrofización, ya que el lirio acuático que se presenta el 100% del espejo del agua de esta presa. Las aguas del río Amajac están libres de contaminantes pueden utilizarse para todos los usos como las actividades agrícolas, engendrar peces y producción en hidroponía bajo condiciones de invernadero y equivalen a una tercera parte de las concentraciones registradas en el río. En cambio, el análisis efectuado al río Shilcayo con respecto al vertimiento puede estar contaminando a los animales, suele y flora cercana, la cual tiene una importancia ecológica dentro de la ciudad.

Existen otras investigaciones que avalan la situación planteada dentro de la investigación y esto es lo que dice Linares et. al (2014), se investigaron los lodos aluminosos del proceso de sedimentación de una planta convencional de potabilización de agua sometidos a ensayos de recuperación de aluminio, adicionando H_2SO_4 , sedimentabilidad y espesamiento. Utilizando H_2SO_4 , se recuperó el 60-70 % de la concentración inicial del aluminio en el lodo, con $pH=1,5$ Und. y mezcla de 5-30 minutos, lo que nos hace relacionar con los resultados obtenidos sobre la cantidad de aluminio en el agua, que lógicamente es por el vertimiento de estos mismos lodos, los cuales aún contiene aluminio por la coagulación.

Según Limón (2013), los lodos generados en las plantas de tratamiento presentan varios problemas debido a su naturaleza y al tratamiento que requieren antes de poder disponerlos; en lo que se incide claramente dentro de la investigación, puesto que los lodos generados simplemente son vertidos al río más cercanos sin depuración o brindarle una utilidad, el anterior investigador concluyó que los lodos producidos en las plantas de tratamiento, deben ser aprovechados para que no sólo sean un problema para la población y el medioambiente. Se debe evaluar su aprovechamiento en plantas de tamaño mediano, tanto en la agricultura como en la generación de energía, entre otros posibles aprovechamientos, lo que se indica también dentro de la investigación sobre la importancia de llevar a cabo un tratamiento para no verter directamente estos lodos al agua y evitar contaminarla, afectando a un entorno cercano.

CONCLUSIONES

El principal impacto en las aguas del río Shilcayo se da debido al aumento proporcional de la concentración del aluminio post descarga de los lodos. Debido a que las concentraciones del post vertimiento tienen un aumento significativo a comparación del muestreo del antes de la descarga de los lodos.

El 25% de los procesos de potabilización se consideraron buenos, en ello están los floculadores y decantadores; luego están el 37% de los procesos que se consideran regular y en ellos se observa a la coagulación, el lugar donde se almacenan los coagulantes y la filtración; finalmente se consideró un 25% de estos procesos malos y un 13% muy malo, en ellos se ve a la dosificación, la cloración y la dosificación.

La cantidad de lodos evaluados en la planta de tratamiento es de 224.64 Kss/día con un volumen de 2139.43 L/día, que se generan tras el proceso de potabilización del agua. Lo cual nos indica el uso elevado del coagulante sulfato de Aluminio ya que en épocas de lluvia es en donde se usa más este compuesto químico que al precipitarse forman los lodos con una gran cantidad de aluminio que se vierten sin tratamiento previo a las aguas del río Shilcayo.

En los dos últimos muestreos se ha superado notablemente el valor referencial que exige la norma peruana, siendo máximo 0.9 mg/L (D.S. 004- 2017 MINAM) pero llegó hasta los 4.1 mg/L en la esorrentía del río Shilcayo.

RECOMENDACIONES

A la entidad prestadora de servicio solicitar realizarse adecuada y periódicamente los ensayos y pruebas de dosis óptima, para mejorar el rendimiento y evitar pérdidas en los coagulantes, así mismo evitar decantar mayor cantidad compuestos de aluminio, que luego se convertirán en lodos.

A la población evitar acercamientos, ingerir o utilizar agua cerca del vertimiento de lodos, porque estas se constituyen altamente contaminados con este metal, cuya ingesta provoca daños a la salud.

A las autoridades regular y gestionar, el uso y rehusó de estos lodos generados en la planta de tratamiento de agua potable.

A la entidad prestadora, regirse a la Ley marco 1280 que regula la venta de este tipo de lodos. Los cuales por su alto contenido metálico pueden preverse en varias actividades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEA – ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ALUMINIO. Aluminio y Salud. Maudes 51, 8º Av. De Broqueville 12. 28003 Madrid. 2009

ACOSTA, ALVARES, AYALA, PANTA Calidad integral del agua superficial en la cuenca hidrológica del Río Amajac. Información tecnológica. Volumen 19. México. 2008

A.I.D.I.S. - Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. XXII Congreso de Centroamérica y Panamá de Ingeniería Sanitaria y Ambiental “superación sanitaria y ambiental: el reto”. Honduras. 1996

C. D. I. Y. D. T. Agua, Tratamiento de Aguas vol. 8. Salamanca, España: Universidad de Salamanca. 2009.

CONSTRUCCIÓN Y VIVIENDA Lodos generados por plantas de tratamiento apuntan a preservar el medioambiente. Construcción & Vivienda Comunicadores S.A.C. Perú. 2018

BARRENECHEA Coagulación. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Capítulo 4. OPS/CEPIS. Perú. 2004

GIZ- COOPERACIÓN ALEMANA. Programa de Modernización y Fortalecimiento del Sector Agua y Saneamiento (Proagua II). Perú. 2008

GONZALES, MARTIN, FIGUEROA Tecnologías de tratamiento y desinfección de agua para uso y consumo humano. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Mexico. 1998

HAKANSON, MIKRENSKA, PETROV, Y FOSTER Materia particulada Suspendida en ríos: modelos empíricos. Modelo Ecológico. Estados Unidos. 2005

JIMÉNEZ Representación tabular y Gráfica de Datos. Estadística. Recuperado de: <http://estadisticacrisanto.blogspot.pe/2013/10/representacion-tabular-y-grafica-de.html>.2013

JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN Manual de Tratamiento de agua para consumo humano. Consejería de Sanidad. Gráficas Lafalpoo, S.A. España. 2009

LIMÓN A. Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿problema o recurso? Ingeniería química. Guadalajara. 2013

LINARES, GUTIÉRREZ, PAREDES, RAMÍREZ, RIVAS Tratamiento de lodos generados en el proceso convencional de potabilización de agua. Revista Ingenierías Universidad de Medellín. Colombia. 2014

MORÁN, MOTELLANO, SÁNCHEZ, SANDOVAL, SANTANA. Tratabilidad de los lodos producidos en la potabilización del agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México. 1998

NOYOLA, A. MORGAN, J. GUERECAL, L. Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. 2013 Perú 123p.

NÚÑEZ Y PEÑA Recuperación de sulfato de aluminio a partir de lodos generados en la planta de potabilización de la empresa aguas de Cartagena S.A E.S.P y estudio de la viabilidad económica de su reutilización como coagulante. Cartagena. Colombia. 2011

OMS- Organización Mundial de la Salud: Aluminium in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Ginebra (Suiza), Organización Mundial de la Salud (WHO/SDE/WSH/03.04/53). 2003

RAMÍREZ Lodos producidos en el tratamiento del agua potable. Técnica ingeniería. COGITI. España. 2008

RUIZ Tratamiento de los desechos sólidos y líquidos derivados del proceso de potabilización. Obtenido de: <http://www.monografias.com/trabajos82/tratamiento-desechos-solidos/tratamiento-desechos-solidos2.shtml>. Perú. 2017

SANDOVAL ET AL. Tratabilidad de los lodos producidos en la potabilización del agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). México. 1998

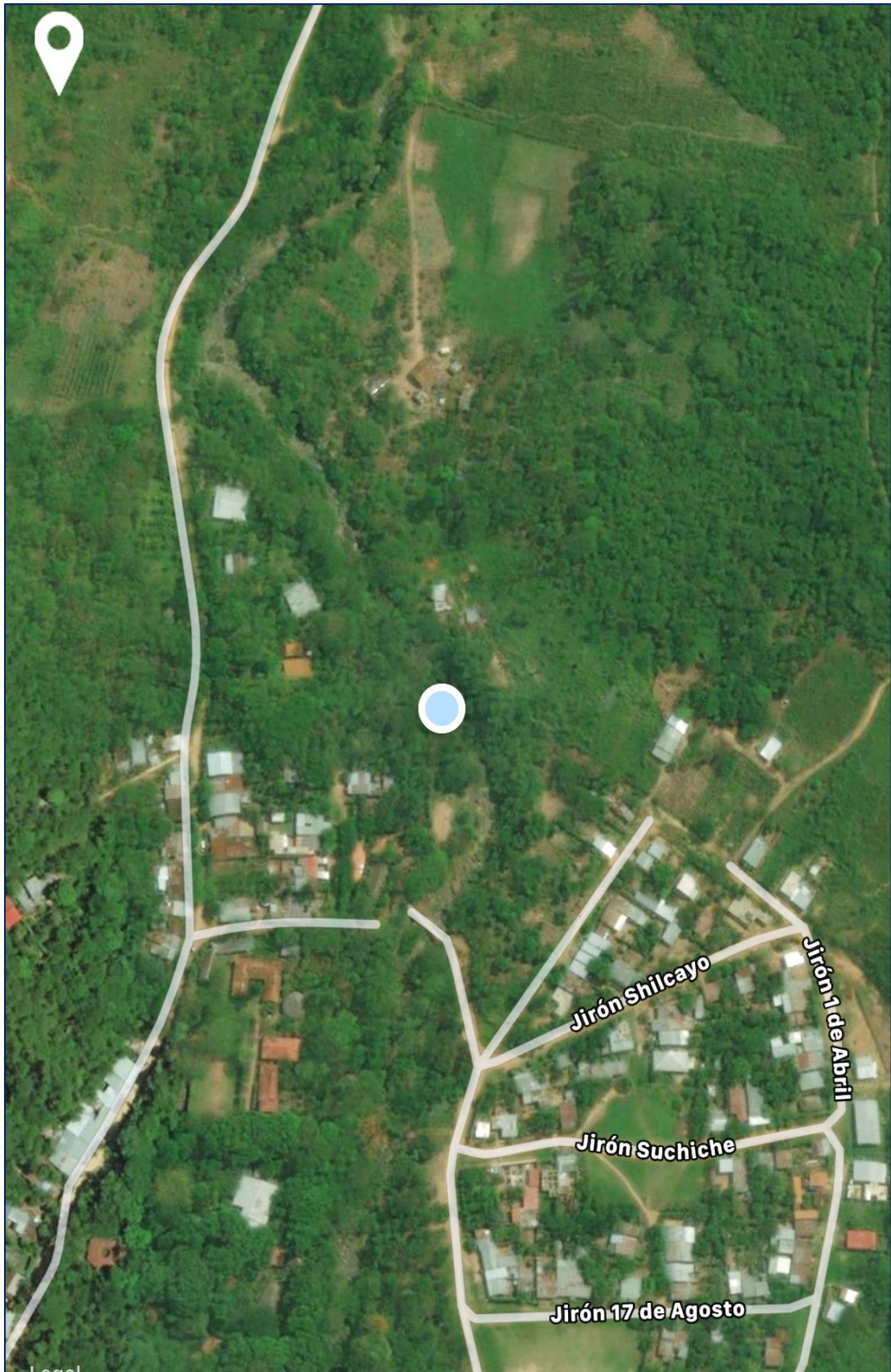
SUNASS- SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. Perú. 2008


SUNASS- SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO Determinación de la fórmula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión aplicable a la empresa municipal de agua potable y alcantarillado de San Martín - EPS EMAPA SAN MARTÍN S.A. Perú. 2011

VISSCHER ET. AL Filtración Lenta en Arena Tratamiento de Agua para Comunidades. Documento técnico 24, International Water and Sanitation Center (IRC), Centro Inter-Regional de Abastecimiento y Remoción de Agua (Cinara), Cali, Colombia. 1998

ANEXOS

Anexo 1: Ubicación



 **GPS**


COORDINATES (TAP = COPY)


Latitude -6° 28.688' S

Longitude -76° 21.227' W

Accuracy: ±6 m

MISCELLANEOUS

Speed 0 km/h **Max** 21 km/h 

Altitude 348 m **Max** 350 m 

Heading 348° N (magnetic)

Updated: May 25, 2019 at 10:15:39 AM

Anexo 2: Panel Fotográfico

Fotografía 1. Recolección de muestras alrededor del punto de descarga



Fotografía 2. Recolección de muestras en el punto de descarga



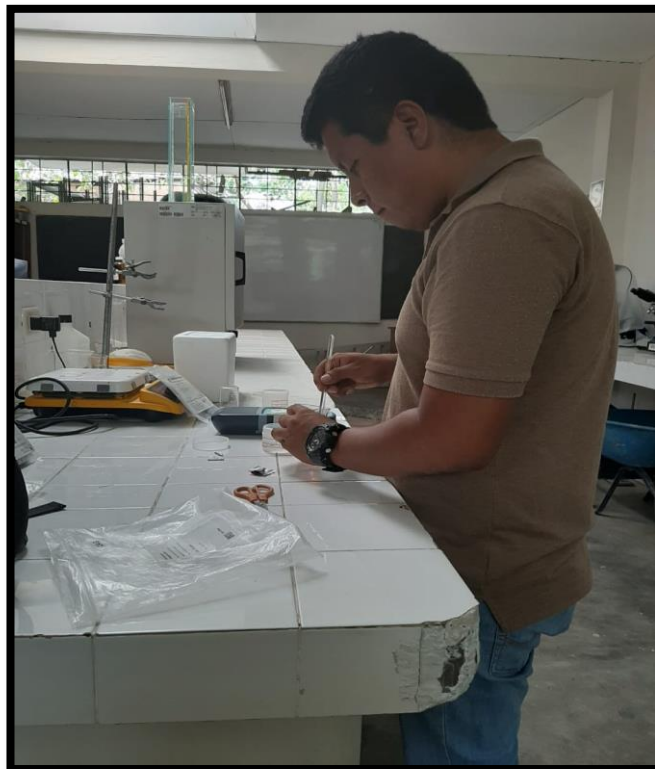
Fotografía 3. Otención y traslado de muestras



Fotografía 4. Equipo de análisis DR900



Fotografía 5. Reactivos de aluminio



Fotografía 6. Analizando aluminio



Fotografía 7. Resultados de la coloración de aluminio

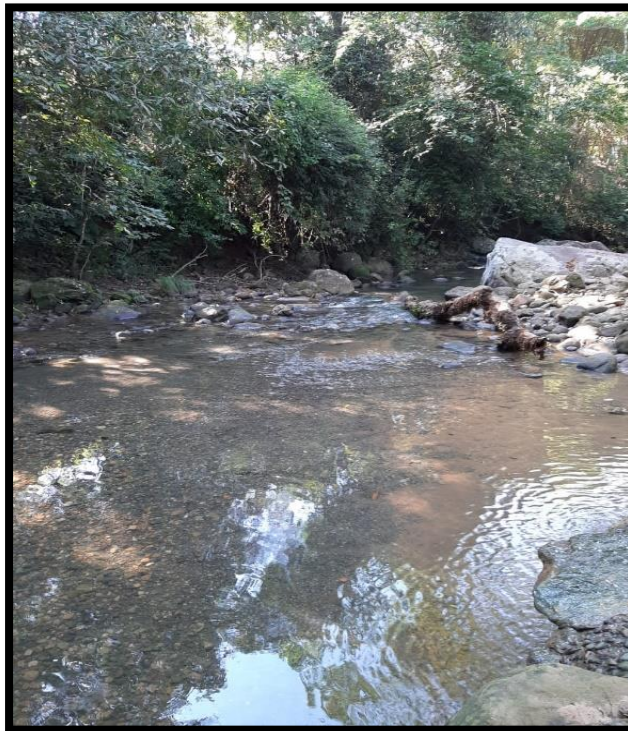


Fotografía 8. Planta de tratamiento Shilcayo

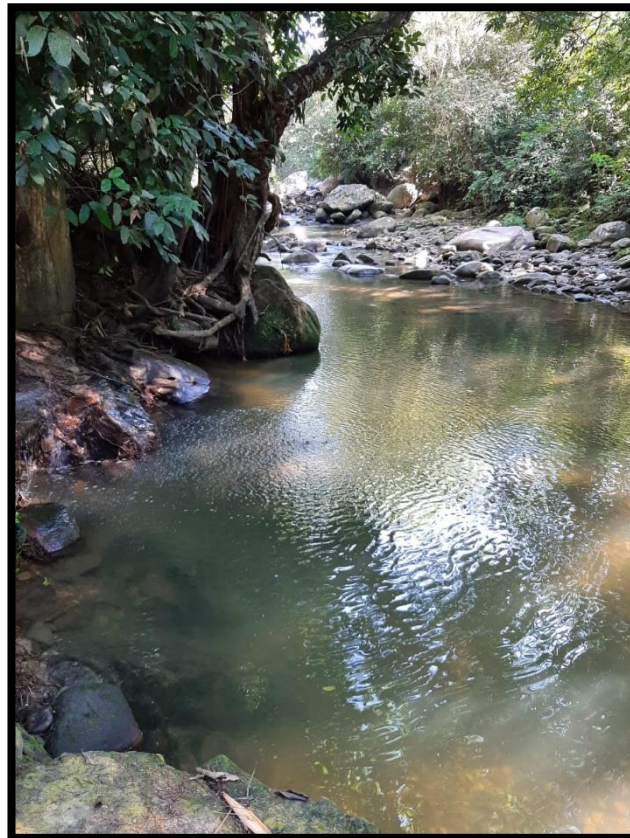
Anexo 3: Panel fotográfico del impacto del vertido de lodos



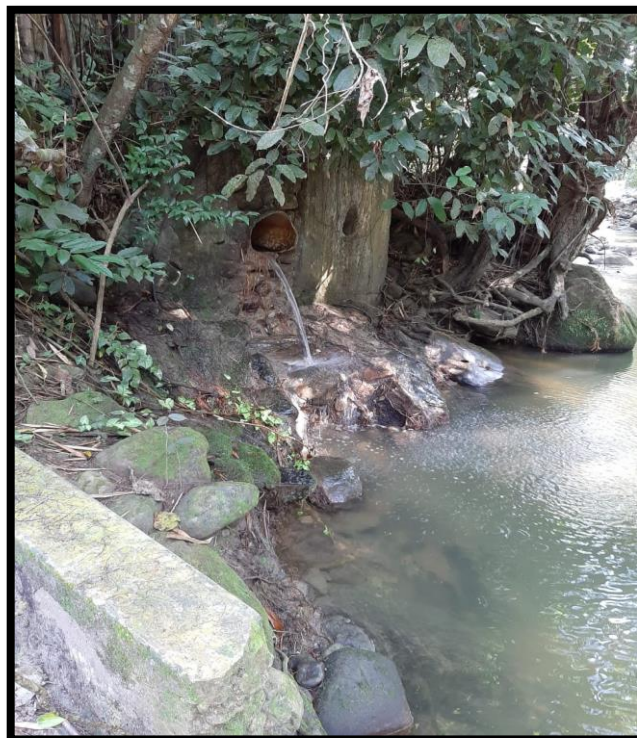
Fotografía 9. Punto de descarga



Fotografía 10. Erosión y cambio de color del agua



Fotografía 11. Eutrofización del agua



Fotografía 12. Pavimento dañado

Anexo 4: Tabla de resultados

Tabla 4

Concentración de aluminio antes y después de la descarga

Muestreo	Fecha	Aluminio mg/L	
		Antes	Después
Muestreo 1	25-May	0.001	0.960
Muestreo 2	06-Jun	0.016	0.388
Muestreo 3	13-Jun	0.040	0.417
Muestreo 4	21-Jun	0.051	1.670
Muestreo 5	29-Jun	0.036	4.100

Tabla 5

Comparación del monitoreo de aluminio con los ECAs pre descarga

Muestreo	Fecha	Aluminio mg/L	
		Antes	ECAs
Muestreo 1	25-May	0.001	0.9
Muestreo 2	06-Jun	0.016	0.9
Muestreo 3	13-Jun	0.040	0.9
Muestreo 4	21-Jun	0.051	0.9
Muestreo 5	29-Jun	0.036	0.9

Tabla 6

Comparación del monitoreo de aluminio con los ECAs post descarga

Muestreo	Fecha	Aluminio mg/L	
		Después	ECAs
Muestreo 1	25-May	0.960	0.9
Muestreo 2	06-Jun	0.388	0.9
Muestreo 3	13-Jun	0.417	0.9
Muestreo 4	21-Jun	1.670	0.9
Muestreo 5	29-Jun	4.100	0.9