



ESCUELA DE POSGRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

“IMPACTO DEL LIXIVIADO DEL RELLENO
SANITARIO DE CAJAMARCA EN LA CALIDAD DEL
AGUA DEL RÍO CAJAMARQUINO, DISTRITO DE
JESÚS, EN EL AÑO 2021”

Tesis para optar el grado de **MAESTRO** en:
GESTIÓN AMBIENTAL Y RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS

Autor:

Jorge Luis Florian Zavaleta

Asesora:

Mtra. Magda Rosa Velásquez Marin

Cajamarca - Perú

2022

Resumen

El presente estudio tiene como principal objetivo verificar si los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan negativamente la calidad de agua en el río Cajamarquino, para esto se realizó la toma de muestras de agua en 3 puntos de monitoreo previamente identificados en el río Cajamarquino, para posteriormente realizar los ensayos de laboratorio, de tal forma obtener los resultados de los parámetros físicos-químicos, inorgánicos y microbiológicos; del estudio se concluyó que los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan la calidad de agua del río Cajamarquino pero no exceden los límites de detección de los ECA para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM, y se verificó que el agua del río Cajamarquino en la época de estiaje llega contaminado al área de estudio con respecto al parámetro Manganeseo, el cual se encuentra sobre el límite de detección de los estándares de calidad ambiental de agua (ECA) categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales, aprobada por el Decreto Supremo n°004-2017-MINAM.

Palabras clave: **Lixiviado, calidad del agua, relleno sanitario, río Cajamarquino.**

Abstract

The main objective of this study is to verify if leachates from Cajamarca's landfill impact negatively the water quality in Cajamarca's River, for this purpose, water samples were taken in 3 monitoring points (previously identified in Cajamarca's river), then these samples were carried out to a laboratory to test them, in order to obtain results according to physical-chemical, inorganic and microbiological parameters.

The study concluded that leachates from Cajamarca's landfill impact the quality of the water, however they do not exceed the detection limits for water that ECA requires (approved by DS. 004-2017-MINAM). Moreover, it was verified that the water of Cajamarca's River at low water level arrived contaminated to the study area related to the Manganese parameter, which is on the limit of detection of environmental water quality standards (ECA) category 3: Irrigation of vegetables and animal drinks, approved by Supreme Decree N°004-2017-MINAM.

Keywords: **Leachate, water quality, landfill, Cajamarquino river.**

Dedicatoria y Agradecimientos


Dedico esta tesis a mis hijos, quienes son mi apoyo emocional; mi motivación, mi inspiración y mi felicidad.

A mi esposa, quien con su amor me ha alentado a terminar con éxito este proyecto.

A mis padres y hermanas quienes con sus valores y principios me encaminaron a la superación y a enfrentar las adversidades con empeño y perseverancia para conseguir mis objetivos.

Para ellos es esta dedicatoria, pues es a ellos a quienes se las debo por ser las personas más importantes de mi vida.

También agradezco a todas las personas (amigos, profesores y asesora) que me apoyaron de manera incondicional siendo guías y maestros, jueces y parte. Estaré profundamente agradecido por su tiempo y sus conocimientos.



.....
Ing. Jorge Luis Florián Zavaleta

Tabla de contenidos

| | |
|---|------|
| Carátula | i |
| Resumen | ii |
| Abstract..... | iii |
| Dedicatoria y agradecimiento | iv |
| Tabla de contenidos | v |
| Índice de tablas..... | vi |
| Índice de figuras | viii |
| | |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| I.1. Realidad problemática | 1 |
| I.2. Pregunta de investigación..... | 3 |
| I.3. Objetivos de la investigación..... | 3 |
| I.4. Justificación de la investigación | 4 |
| I.5. Alcance de investigación..... | 5 |
| II. MARCO TEÓRICO | 6 |
| II.1. Antecedentes | 6 |
| II.2. Bases Teóricas | 8 |
| III. HIPÓTESIS..... | 25 |
| III.1. Declaración de Hipótesis | 25 |
| III.2. Operacionalización de variables..... | 25 |
| IV. DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS Y ANÁLISIS | 27 |
| IV.1. Tipo de investigación | 27 |
| IV.2. Población y muestra | 28 |
| IV.3. Método, técnica e instrumentos de recolección y análisis de datos | 28 |
| IV.4. Procedimiento..... | 30 |
| V. RESULTADOS..... | 38 |
| VI. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES | 50 |
| VI.1. DISCUSIÓN..... | 50 |
| VI.2. CONCLUSIONES | 51 |
| VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA | 54 |
| VIII. ANEXOS | 58 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Parámetros de monitoreo del lixiviado | 11 |
| Tabla 2: Ubicación geográfica del río Cajamarquino | 13 |
| Tabla 3: Parámetros de monitoreo de calidad de agua (categoría 3)..... | 13 |
| Tabla 4: Etapas del monitoreo de la calidad de agua..... | 17 |
| Tabla 5: Parámetros de monitoreo de calidad de agua (EIA relleno sanitario)..... | 21 |
| Tabla 6: Hechos detectados en la supervisión del OEFA..... | 22 |
| Tabla 7: Generación de residuos en el departamento de Cajamarca..... | 24 |
| Tabla 8: Matriz de operacionalización de variables | 26 |
| Tabla 9: Técnicas e instrumentos | 28 |
| Tabla 10: Materiales y equipos | 29 |
| Tabla 11: Ubicación de los puntos de monitoreo | 34 |
| Tabla 12: Parámetros de monitoreo de calidad de agua considerados para el estudio. | 34 |
| Tabla 13: Resultados \pm incertidumbre del ensayo de laboratorio - Setiembre | 38 |
| Tabla 14: Resultados \pm incertidumbre del ensayo de laboratorio - diciembre | 40 |
| Tabla 15: Porcentaje de variación de parámetros en temporada de estiaje..... | 42 |
| Tabla 16: Porcentaje de variación de parámetros en temporada de avenida..... | 43 |
| Tabla 17: Porcentaje de variación de parámetros físicos - químicos en temporada de estiaje..... | 45 |
| Tabla 18: Porcentaje de variación de parámetros físicos - químicos en temporada de avenida | 45 |
| Tabla 19: Porcentaje de variación de parámetros inorgánicos en temporada de estiaje. | 47 |
| Tabla 20: Porcentaje de variación de parámetros inorgánicos en temporada de avenida | 48 |
| Tabla 21: Porcentaje de variación de parámetros microbiológicos en temporada de estiaje..... | 49 |

Tabla 22: Porcentaje de variación de parámetros microbiológicos en temporada de avenida..... 49

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Esquema del caudal de una cuenca..... | 09 |
| Figura 2: Aporte de las aguas subterráneas de una cuenca | 10 |
| Figura 3: Etapas del monitoreo de la calidad del agua..... | 16 |
| Figura 4: Parámetros mínimos recomendados para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales..... | 20 |
| Figura 5: Ubicación del área de estudio | 31 |
| Figura 6: Vía de acceso al río Cajamarquino | 32 |
| Figura 7: Ubicación de los puntos de monitoreo..... | 33 |
| Figura 8: Toma de muestras y medición de parámetros de campo en el punto RCAJ 01..... | 36 |
| Figura 9: Toma de muestras y medición de parámetros de campo en el punto RCAJ 02..... | 36 |
| Figura 10: Toma de muestras y medición de parámetros de campo en el punto RCAJ 03..... | 37 |

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Realidad problemática

La gestión de los residuos sólidos municipales constituye un importante problema ambiental, económico y social en todo el mundo, principalmente debido a que la población mundial crece y con ello los residuos, de una forma exponencial (Renou et al., 2007). Los deterioros producidos por los residuos sólidos al ambiente, se conciben como un impacto negativo, que causan contagio, desequilibrio, o alteración; dicho fenómeno tiene su ocurrencia a nivel mundial, este tema fue afrontado en el Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente y Desarrollo, Agenda 21 de Naciones Unidas, en la sección II Conservación y Manejo de Recursos para el Desarrollo, Capítulo 21 Gestión Ecológicamente Racional de los Residuos Sólidos y Cuestiones Relacionadas con las Aguas Cloacales ([ONU], 2000).

En el 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció que el acceso al agua potable limpia y al saneamiento son esenciales para la vida humana y por ende un derecho humano, y ha sido durante mucho tiempo el foco de políticas y objetivos de desarrollo, es así que en el 2015, la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030 ratificó su compromiso con los derechos humanos al agua, al saneamiento y la higiene, haciendo un llamado a la cooperación técnica regional e internacional, debido a los grandes problemas que se tiene con este importante recurso, uno de los cuales es la contaminación del agua superficial y subterránea.

Cuando los residuos son recogidos y transportados a un relleno sanitario, las malas prácticas de manejo y control, pueden convertir a los rellenos en una potencial fuente de contaminación hidrogeológica, debido al riesgo que existe en caso de que los lixiviados combinados con el agua de la lluvia se infiltren y lleguen al agua subterránea y posteriormente al agua superficial; estos ácidos débiles de tipo: acético, láctico o fórmico, disuelven los metales pesados, tóxicos para el hombre (Manzo et al., 2006) y la vida acuática. Debido a esto los lixiviados son considerados como uno de los grandes problemas ambientales en la actualidad, y su evaluación y gestión de riesgos se considera esencial en todas las regiones del mundo.

En el Perú entre las causas de contaminación de los cursos de agua se destacan dos tipos, las naturales y las antropogénicas. Las primeras, como su nombre lo indican se caracterizan por la naturaleza química de los suelos, y la segunda se refiere a las malas prácticas de manejo de productos agroquímicos, la minería informal, los pasivos ambientales, vertimientos de aguas residuales sin tratar o que no cumplen con los límites establecidos y manejo inadecuado de residuos sólidos, todas estas fuentes influyen en el deterioro de la

calidad del recurso hídrico en las unidades hidrográficas del Perú (Aquino, 2017). Además, en el Perú se genera, cada día toneladas de residuos, cuyo destino es incierto debido a la falta de infraestructura para su depósito, así como a la poca cultura del reúso y reciclaje, cerca de la mitad de estos residuos sólidos termina en los 1200 botaderos ilegales que se han podido contabilizar, o en las quebradas y los ríos, que al final desembocan en el mar (MINAM, 2017).

La infraestructura del relleno Sanitario de la Municipalidad de Cajamarca, entró en operación el año 2009, y a la fecha se puede apreciar problemas en su infraestructura, principalmente por su evidente sub dimensionamiento, el cual ocasiona un inadecuado manejo de lixiviados, los cuales llegan al suelo generando que se infiltren o discurran superficialmente, provocando probablemente la contaminación del agua subterránea y superficial de los cuerpos de aguas presentes en la zona. El río Cajamarquino, se encuentra aproximadamente a 1.5 km respecto al relleno sanitario, y debido a su ubicación geográfica recibe afluentes de las quebradas Chilca y Buitrón; y de las aguas subterráneas, cuerpos de agua que se encuentran en el área de influencia directa del relleno sanitario, las aguas del río Cajamarquino son usadas por la población del distrito de Jesús, para el riego de vegetales y bebida de animales.

Desde el momento en que en el hogar se generan los residuos y no son clasificados, estos se mezclan (productos químicos como detergentes, metales, papeles, cartones, orgánicos, entre otros). Uno de los subproductos generados de dicha mezcla de residuos se convierte en un fluido que se denomina: lixiviado, el cual se clasifica de acuerdo al tiempo de vida del mismo, y cuya composición es difícil de establecer como tal, pues ésta dependerá de la combinación de las cantidades de uno u otro residuo contenidos en determinado lote de desechos (Martínez, Padrón, Rodríguez, Chiquito, Escarola, Hernández, Tinoco y Martínez, 2014), si este lixiviado no es controlado en sistemas de contención idóneos en la operación de un relleno sanitario, como es el caso en estudio, impactarán negativamente en la calidad del agua subterránea y superficial, llegando a cuerpos de agua mayores, como el río Cajamarquino, pudiendo ser impactado negativamente.

El río Cajamarquino tiene como afluentes a los ríos Mashcón, San Lucas y Chonta, los cuales pasan por las ciudades de Cajamarca y Baños de Inca, las aguas de estos ríos están impactadas por factores antropogénicos, tal es el caso del río Mashcón, que en los últimos años se ha convertido en un colector de efluentes y de tuberías que descargan líquidos no tratados de las viviendas y es depósito de residuos sólidos de toda clase, como consecuencia de esta vulneración ambiental se ha contaminado al suelo, al agua y al aire, provocando enfermedades, además de la multiplicación de plagas (Chávez, 2020). El propósito de esta investigación es conocer la concentración de los parámetros

fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos del agua del río Cajamarquino en el área de estudio designado, por los posibles impactos en la calidad de agua producto de la generación de lixiviados del relleno sanitario.

I.2. Pregunta de investigación

I.2.1 Problema general:

- ¿Cuál es el Impacto del lixiviado del relleno sanitario de Cajamarca en la calidad del agua del río Cajamarquino en el distrito de Jesús, en el año 2021?

I.2.2 Problemas específicos:

- ¿De qué medida los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros físicos-químicos (aceites y grasas, conductividad eléctrica, DBO5, DQO, nitritos, nitratos, oxígeno disuelto, sulfatos, PH, temperatura y caudal) de calidad de agua en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021?
- ¿De qué medida los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros inorgánicos (Aluminio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobre, cobalto, manganeso, mercurio, níquel, plomo, selenio, zinc, plata, estaño, hierro, litio, magnesio, antimonio, molibdeno, amonio, y cromo) de calidad de agua en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021?
- ¿De qué medida los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros microbiológicos (escherichia coli) de calidad de agua en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021?

I.3. Objetivos de la investigación

I.3.1 Objetivo general:

- Determinar el impacto del lixiviado del relleno sanitario de Cajamarca en la calidad del agua del río Cajamarquino del distrito de Jesús, en el año 2021.

I.3.1 Objetivos específicos:

- Determinar si los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros físicos-químicos (aceites y grasas, conductividad eléctrica, DBO5, DQO, nitritos, nitratos, oxígeno disuelto, sulfatos, PH, temperatura y

caudal) y si los parámetros analizados cumplen con los ECA para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM de calidad de agua, en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021.

- Determinar si los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros inorgánicos (Aluminio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobre, cobalto, manganeso, mercurio, níquel, plomo, selenio, zinc, plata, estaño, hierro, litio, magnesio, antimonio, molibdeno, amonio, y cromo) y si los parámetros analizados cumplen con los ECA para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM de calidad de agua, en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021.
- Determinar si los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros microbiológicos (*escherichia coli*) y si los parámetros analizados cumplen con los ECA para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM de calidad de agua, en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021.

I.3. Justificación de la investigación:

I.3.1 Justificación teórica:

Esta investigación se realiza para dar a conocer como las malas prácticas de operación del relleno sanitario de Cajamarca impactan negativamente a la calidad del agua del río Cajamarquino, el cual se encuentra geográficamente en la parte baja del relleno en mención, de tal manera tomar conciencia del problema ambiental que esta infraestructura está ocasionando.

I.3.2 Justificación práctica:

La infraestructura del relleno sanitario y el tramo del río Cajamarquino en estudio, se encuentran en el distrito de Jesús, siendo este río, el hábitat de una diversidad de vida acuática y el principal medio de abastecimiento de agua de este distrito, el cual es utilizado para el riego de cultivos y como bebida de animales. Es así que, con la información de esta investigación, de ser el caso, las autoridades puedan realizar la toma de decisiones correspondientes para la ejecución de obras de tratamiento de agua adecuadas a la calidad del agua del río Cajamarquino.

I.3.3 Justificación metodológica:

El método empleado para esta investigación es la toma de muestras de campo, monitoreos en campo y ensayos de laboratorio, todo esto realizado por una empresa calificada y certificada, de tal manera obtener los resultados más precisos y fiables que puedan confirmar las hipótesis planteadas.

I.3.4 Justificación ética:

Para esta investigación se ha utilizado información de libros y estudios de investigación, los cuales se encuentran debidamente citados. Además, para la toma de muestras y ensayos de laboratorio se han utilizado los recursos y procedimientos de una empresa especializada debidamente acreditada.

En esta investigación se ha tomado las medidas necesarias para evitar algún plagio tomando en cuenta que se ha utilizado el software antiplagio Urkund para lograr su verificación.

I.4. Alcance de la investigación:

El alcance de esta investigación es del método explicativo, ya que se cuenta con una variable dependiente (calidad del agua) y una variable independiente (lixiviado); en esta investigación se pretende explicar la causa de la contaminación del río Cajamarquino.

II. MARCO TEÓRICO

II.1. Antecedentes

II.1.1. Antecedentes Internacionales

De León et al. (2016) en el país de México, en un artículo científico sustentaron la contaminación del acuífero de grietas por infiltración de los lixiviados del relleno sanitario de Linares, México; y su impacto en la calidad del agua subterránea para usos domésticos, agrícolas y ganaderos, el objetivo de la investigación fue evaluar el impacto del lixiviado generado en el relleno sanitario sobre la calidad del agua superficial y subterránea, ellos desarrollaron una investigación no experimental a los cuerpos de agua a través de un análisis físico - químico. Las conclusiones de esta investigación indican un impacto negativo en la calidad del agua superficial y del agua subterránea de acuerdo a normas ambientales nacionales e internacionales. Así mismo identificaron altas concentraciones de NO₃, Pb, Mn y Fe en el agua subterránea y en escurrimientos superficiales que generan una importante contaminación del suelo y del agua.

Alves et al. (2018) en el país de Brasil, en un artículo científico sustentaron la evaluación del impacto potencial de los lixiviados de relleno sanitario sobre organismos acuáticos, el objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto de los lixiviados de los rellenos sanitarios en los organismos acuáticos, ellos desarrollaron una investigación experimental mediante pruebas de ecotoxicidad con el método de la determinación de la concentración letal (CL50). La conclusión de esta investigación fue que se requiere de tratamiento y / o reutilización de los lixiviados como forma de minimizar los impactos al medio principalmente en organismos acuáticos.

Cedeño (2015) en el país de Ecuador, en una tesis de maestría, sustentó sobre los lixiviados generados en un relleno de residuos sólidos y sus impactos en la calidad del agua del Estero Tonto Mal, Cantón la Maná, el objetivo de esta investigación fue comprobar la hipótesis de que los lixiviados afectan negativamente a la calidad de agua de la corriente mencionada, para esto desarrolló una investigación no experimental a las aguas del recurso hídrico, a través de un análisis físico – químico. La conclusión de esta investigación fue que a pesar que ya las aguas del estero presentan ciertos niveles de contaminación, los lixiviados afectan negativamente su calidad, aceptando con suficiente nivel de confianza la hipótesis planteada.

Gómez et al. (2018) en el país de Colombia, en una tesis de ingeniería sustentaron la percolación de lixiviados y contaminación de aguas subterráneas; el objetivo de la investigación fue analizar como ocurre la contaminación de aguas subterráneas debido a la

percolación de lixiviados, ellos desarrollaron una investigación no experimental realizando un análisis sistemático de literatura. La conclusión de esta investigación fue que en general en las aguas subterráneas a comparación con las aguas superficiales tienden a estar más protegidas debido a su ubicación, siempre que los contaminantes no las afecten directamente, sin embargo, una vez que los contaminantes se incorporen a las aguas subterráneas es complicado poder realizar monitoreos y conocer su movimiento, siendo la contaminación en ocasiones un proceso prácticamente irreversible.

Cristancho et al. (2020) en el país de Colombia, en un artículo científico sustentaron el análisis comparativo del impacto al recurso hídrico generado en los principales rellenos sanitarios en Colombia, el objetivo de la investigación fue presentar una revisión del estado actual del tratamiento de los lixiviados generados en los rellenos sanitarios de Colombia, teniendo en cuenta el impacto ambiental negativo generado como consecuencia del vertimiento de estos compuestos, los cuales afectan directamente a las fuentes hídricas, ellos desarrollaron una investigación no experimental a 17 rellenos sanitarios. Las conclusiones de esta investigación indican que todos están por encima de los límites permisibles para el vertimiento de lixiviados, generando impactos negativos en algunos cuerpos de agua; principalmente, por la presencia de contaminantes de alta toxicidad como cadmio, cromo, plomo, bromo, zinc y mercurio.

II.1.1. Antecedentes Nacionales

Rojas (2016) en la ciudad de Puno, en una tesis de maestría en ecología, sustentó la evaluación de la calidad físico y química de las cuerpos de agua vertidos con lixiviados del botadero de residuos sólidos y sus consecuencias en la salud pública de la población de la zona periférica del botadero de Cancharani/Puno, los objetivos de esta investigación fue evaluar la calidad físico química de fuentes de agua vertidos con lixiviados del botadero de residuos sólidos y establecer los efectos de los residuos sólidos en la salud pública de la población de la zona periférica del botadero de Cancharani – Puno; desarrollaron una investigación no experimental para la evaluación de la calidad del agua a través de tomas de muestra y análisis de laboratorio y a través de encuestas para establecer los efectos en la salud pública. La conclusión de esta investigación fue que la inadecuada disposición de los residuos sólidos en el botadero de Cancharani influye sobre la calidad físico-química del agua y que las personas que habitan en las proximidades del botadero de residuos sólidos de Cancharani, poseen una percepción negativa en la salud de la población de la zona de Cancharani – Puno.

Quispe y Salas (2017) en la ciudad de Cusco, en una tesis de biología, sustentaron la variación del índice de calidad de agua y biota acuática por la presencia de lixiviados en el río Jaquira-Cusco, los objetivos de esta investigación fue evaluar las características físicas,

químicas, bacteriológicas y concentración de metales pesados del agua del río Jaquira, y determinar el Índice de Calidad de Agua (ICA) del río Jaquira, desarrollaron una investigación no experimental con análisis estandarizados de laboratorio y el método gráfico NSF. La conclusión de esta investigación fue que el índice de calidad de agua del río Jaquira representa una calidad deficiente por la presencia de lixiviados.

Gonzales (2018) en la ciudad de Cajamarca, en una tesis doctoral, sustentó la evaluación del riesgo ambiental que genera la planta de tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca debido al manejo de los lixiviados, el objetivo de esta investigación fue la evaluación del riesgo ambiental de los lixiviados del relleno sanitario, desarrolló una investigación no experimental en 5 puntos de monitoreo en una poza de lixiviado sin revestir. Las conclusiones de esta investigación nos indica de la evaluación del nivel del riesgo ambiental, según su nivel de peligrosidad, así como el grado de afectación de la salud humana y animal, y de los ecosistemas, el riesgo ambiental es significativo.

Montalvo y Quispe (2018) en la ciudad de Cajamarca, en una tesis de ingeniería ambiental, sustentaron la contaminación del agua superficial por lixiviados del relleno sanitario, el objetivo fue determinar el grado de contaminación que los lixiviados generan en el agua superficial, desarrollaron una investigación no experimental basada en la revisión sistemática de la literatura científica. Las conclusiones de esta investigación fue que los lixiviados de un relleno sanitario generan un alto grado de contaminación al infiltrarse en el suelo estos alteran física y químicamente la calidad del agua subterránea y posteriormente al agua superficial la cual es consumida por la población aledaña y animales.

Marín y Sangay (2020), en la ciudad de Cajamarca, en una tesis de Ingeniería geológica sustentaron el estudio hidrogeológico realizado mediante tomografía geo eléctrica para la localización de aguas subterráneas en el centro poblado la Huaraclla-Jesús, el objetivo de la tesis fue plantear soluciones a los pobladores del lugar para su abastecimiento de agua, desarrollaron una investigación no experimental en 4 puntos tomográficos. Las conclusiones de esta investigación indican que en la localidad de la Huaraclla a una profundidad de 45 metros se puede obtener agua para posteriormente ser captada y ser usada en beneficio de la población, la cual mediante un cartografiado geológico y realizando un estudio hidrogeológico se tiene evidencias de que la zona de estudio es apta para explotar agua subterránea.

II.2 BASES TEORICAS

II.2.1. Ciclo hidrológico del agua

El agua que se encuentra en la atmósfera en forma de vapor se condensa en nubes, las cuales originan las precipitaciones (P) en forma de nieve, lluvia o granizo. Una parte de dichas precipitaciones se evapora nuevamente antes de llegar a la superficie del suelo y la otra cae al suelo por la acción de la gravedad. De esta última, una parte es interceptada por la vegetación o por otras superficies y luego se evapora igualmente y la otra entra en contacto directo con el suelo o con cuerpos de agua (lagos y mares principalmente). Aquella que cae al suelo puede alimentar la red hidrográfica directamente (escorrentía superficial), almacenarse en algunas partes de la superficie (almacenamiento superficial) o penetrar en el suelo y subsuelo (infiltración) para de esta manera alimentar las reservas de las capas acuíferas (Vélez, 1999)

La energía calorífica proveniente del sol evapora parte del agua que está en las superficies libres (lagos, mares, etc.), en la red hidrográfica y en la superficie del suelo. De igual manera una parte del agua que está en la zona no-saturada del suelo se evapora directamente o se absorbe por las plantas las cuales a su vez le devuelven a la atmósfera en forma de vapor mediante el mecanismo de transpiración. Estos fenómenos son generalmente designados con el término de evapotranspiración. En cuanto al agua que se ha infiltrado en las zonas más profundas de la corteza terrestre y que alimenta las capas acuíferas, puede alcanzar más profundidad, o pasar a alimentar el flujo de los ríos, o retornar directamente a los mares a causa de la percolación, donde se inicia nuevamente el ciclo. Un balance hídrico ya sea global, ya sea a nivel de una cuenca o de una zona más reducida (un acuífero, por ejemplo) se establece siempre sobre la base de la ecuación de continuidad (Vélez, 1999):

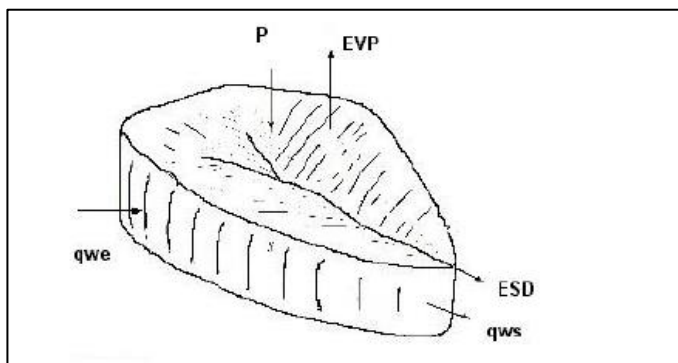
$$\text{Entradas} = \text{Salidas} + \text{Variación de almacenamiento}$$

Esta ecuación se aplica igualmente para un tiempo cualquiera, considerándose que para tiempos relativamente grandes la variación de almacenamiento es prácticamente despreciable y que por consiguiente las entradas son iguales a las salidas (Vélez, 1999).

Si se considera la representación esquemática de una cuenca, la ecuación de balance puede escribirse así:

Figura 1

Esquema del caudal en una cuenca



$$Q = ESD + qws$$

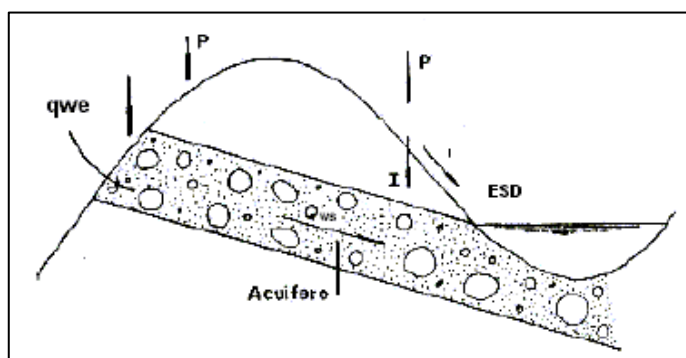
Donde:

| | |
|------|---------------------------------|
| P: | Precipitación |
| ESD: | Escorrentía superficial directa |
| EVP: | Evapotranspiración real |
| qwe: | Flujo subterráneo que entra |
| qws: | Flujo subterráneo que sale |
| Q: | Caudal |

Fuente: Vélez, 1999

Figura 2

Aporte de las aguas subterráneas en una cuenca



Fuente: Vélez, 1999

II.2.2 Lixiviados

Es un líquido que resulta de los procesos químicos (descomposición y deshidratación natural) de residuos, que se forma por reacción, arrastre o percolación, y que

presenta diversos componentes disueltos o en suspensión, cuyas características depende de los diferentes tipos de residuos de los cuales proviene (MINAM 2010). La percolación y arrastre se origina fundamentalmente por las precipitaciones, esta agua se filtra por la parte superficial de los acopios de residuos sólidos atravesando sus diferentes capas de relleno, transportando concentraciones estimables de materia orgánica en descomposición y diferentes contaminantes.

La Regulación legal completa para la Ordenanza sobre Rellenos Sanitarios de 2008, versión del 25 de mayo de 2021, de la normativa de Austria, nos proporciona información sobre los parámetros de control respecto a los lixiviados en los rellenos sanitarios, de tal manera poder tener un control ambiental en caso de un impacto detectado, los parámetros que considera esta norma internacional es la siguiente:

Tabla 1

Parámetros de monitoreo del lixiviado

| ITEM | PARÁMETROS | UNIDAD DE MEDIDA |
|----------|------------------------------------|------------------|
| 1 | FÍSICOS Y QUÍMICOS | |
| 1.1 | pH | Unidad de pH |
| 1.2 | Conductividad eléctrica | (μ S/cm) |
| 1.3 | Nitritos | mg/L |
| 1.4 | Nitratos | mg/L |
| 1.5 | Fosfatos | mg/L |
| 1.6 | Sulfatos | mg/L |
| 1.7 | Índice de hidrocarburos | mg/L |
| 1.8 | tensioactivos aniónicos activos | mg/L |
| 1.9 | Índice fenólico | mg/L |
| 2 | INORGÁNICOS | |
| 2.1 | Aluminio | mg/L |
| 2.2 | Arsénico | mg/L |
| 2.3 | Bario | mg/L |
| 2.4 | Boro | mg/L |
| 2.5 | Cadmio | mg/L |
| 2.6 | Cobre | mg/L |
| 2.7 | Cobalto | mg/L |
| 2.8 | Mercurio | mg/L |

| ITEM | PARÁMETROS | UNIDAD DE MEDIDA |
|------|------------|------------------|
| 2.9 | Níquel | mg/L |
| 2.10 | Plomo | mg/L |
| 2.11 | Selenio | mg/L |
| 2.12 | Zinc | mg/L |
| 2.13 | Plata | mg/L |
| 2.14 | Estaño | mg/L |
| 2.15 | Hierro | mg/L |
| 2.16 | Cianuro | mg/L |
| 2.17 | Antimonio | mg/L |
| 2.18 | Molibdeno | mg/L |
| 2.19 | Amonio | mg/L |
| 2.20 | Cromo | mg/L |
| 2.21 | vanadio | mg/L |
| 2.22 | flúor | mg/L |

Fuente: Regulación legal completa para la Ordenanza sobre Rellenos Sanitarios de 2008, versión del 25 de mayo de 2021, de la normativa de Austria

II.2.3. Estándar de calidad de agua

Según la Ley general del ambiente N° 28611 aprobado el 2005, el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), es la medida que instaura el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que se encuentran en el aire, agua o suelo, en su posición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser indicada en máximos, mínimos o rangos.

La Autoridad Ambiental Nacional, en el proceso de elaboración de los ECA, límites máximos permisibles (LMP) y otros estándares o parámetros para el control y la protección ambiental, debe tomar en cuenta los establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) o de las entidades de nivel internacional especializadas en cada uno de los temas ambientales. La Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con los sectores correspondientes, dispondrá la aprobación y registrará la aplicación de estándares internacionales o de nivel internacional en los casos que no existan ECA o LMP equivalentes aprobados en el país (Ley n°28611, 2005)

Según la Resolución Jefatural 056-2018-ANA que aprueban la clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales, el río Cajamarquino al no estar categorizado a un determinado cuerpo natural de agua a través del procedimiento de clasificación, se aplica la categoría del recurso hídrico al que este tributa, en tal sentido el río Cajamarquino tributa al río Crisnejas cuya categoría asignada es la categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales.

Aquino (2019), en la ciudad de Lima, en una tesis de Ingeniería agrícola, sustentó la evaluación del potencial hídrico del río Cajamarquino con fines de regulaciones futuras, el objetivo de la tesis fue la obtención de la oferta hídrica del río. En esta investigación nos da a conocer que el río Cajamarquino nace en la localidad de Huayrapongo por la unión del río Chonta con el río Mashcón, justo cuando deja el distrito de Baños del Inca para adentrarse en el distrito de Llacanora (provincia de Cajamarca). Recorre 60 km hasta que se une con el río Condebamba para conformar el río Crisnejas. La Cuenca del río Cajamarca se ubica dentro de 3 Autoridades Locales del Agua, ALA Crisnejas, ALA Cajamarca y AAA IV Marañón. Y políticamente se ubica en:

Provincia: Cajamarca, San Marcos y Celendín

Departamento: Cajamarca

Tabla 2

Ubicación geográfica del río Cajamarquino

| SISTEMAS | DATUM | COMPONENTES | COORDENADAS | |
|--------------------------|---------------------|----------------|-------------|---------|
| | | | UTM | |
| | | | MÍNIMO | MÁXIMO |
| Coordenadas geográficas | WGS 84 | Longitud Oeste | -78.161 | -78.63 |
| | | Latitud Sur | -6.93 | -7.331 |
| Coordenadas UTM Zona 17S | WGS 84 | Metros Este | 762089 | 813616 |
| | | Metros Norte | 9188469 | 9233779 |
| Coordenadas UTM Zona 18S | WGS 84 | Metros Este | 99002 | 150662 |
| | | Metros Norte | 9188293 | 9233140 |
| Altitud | Nivel medio del mar | m.s.n.m | 2 365 | 4 248 |

Fuente: Aquino, 2019

Según el Decreto Supremo n°004-2017-MINAM, aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias., el cual considera para la categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales, los siguientes parámetros de control con sus respectivos límites de detección:

Tabla 3

Parámetros de monitoreo de calidad de agua (categoría 3)

| PARÁMETROS | UNIDAD DE MEDIDA | D1: RIEGO DE VEGETALES | | D2: BEBIDA DE ANIMALES |
|-----------------------------|------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| | | AGUA PARA RIEGO NO RESTRINGIDO | AGUA PARA RIEGO RESTRINGIDO | |
| FÍSICOS Y QUÍMICOS | | | | |
| Aceites y grasas | mg/L | 5 | 5 | 10 |
| Bicarbonatos | mg/L | 518 | 518 | ----- |
| Cianuro Wad | mg/L | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Cloruros | mg/L | 500 | 500 | ----- |
| Color | Escala t/Co | 100 | 100 | 100 |
| Conductividad eléctrica | (μ S/cm) | 2 500 | 2 500 | 5 000 |
| DBO5 | mg/L | 15 | 15 | 15 |
| DQO | mg/L | 40 | 40 | 40 |
| Detergentes (SAAM) | mg/L | 0,2 | 0,2 | 0,5 |
| Fenoles | mg/L | 0,002 | 0,002 | 0,01 |
| Fluoruros | mg/L | 1 | 1 | ----- |
| Nitratos+Nitritos | mg/L | 100 | 100 | 100 |
| Nitritos | mg/L | 10 | 10 | 10 |
| Oxígeno Disuelto | mg/L | ≥ 4 | ≥ 4 | ≥ 5 |
| Unidad de | | | | |
| PH (Potencial de Hidrógeno) | PH | 6,5 - 8,5 | 6,5 - 8,5 | 6,5 - 8,4 |
| Sulfatos | mg/L | 1 000 | 1 000 | 1 000 |
| Temperatura | °C | ▲ 3 grados | ▲ 3 grados | ▲ 3 grados |
| INORGÁNICOS | | | | |
| Aluminio | mg/L | 5 | 5 | 5 |
| Arsénico | mg/L | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| Bario | mg/L | 0,7 | 0,7 | ----- |
| Berilio | mg/L | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Boro | mg/L | 1 | 1 | 5 |
| Cadmio | mg/L | 0,01 | 0,01 | 0,05 |
| Cobre | mg/L | 0,2 | 0,2 | 0,5 |
| Cobalto | mg/L | 0,05 | 0,05 | 1 |
| Cromo total | mg/L | 0,1 | 0,1 | 1 |
| Hierro | mg/L | 5 | 5 | ---- |
| Litio | mg/L | 2,5 | 2,5 | 2,5 |

| PARÁMETROS | UNIDAD DE MEDIDA | D1: RIEGO DE VEGETALES | | D2: BEBIDA DE ANIMALES |
|--|------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| | | AGUA PARA RIEGO NO RESTRINGIDO | AGUA PARA RIEGO RESTRINGIDO | |
| Magnesio | mg/L | ---- | ---- | 250 |
| Manganeso | mg/L | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Mercurio | mg/L | 0,001 | 0,001 | 0,01 |
| Níquel | mg/L | 0,2 | 0,2 | 1 |
| Plomo | mg/L | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Selenio | mg/L | 0,02 | 0,02 | 0,05 |
| Zinc | mg/L | 2 | 2 | 24 |
| ORGÁNICOS | | | | |
| Bifenilos Policlorados | µg/L | 0,04 | 0,04 | 0,045 |
| Paratión | µg/L | 35 | 35 | 35 |
| Aldrín | µg/L | 0,004 | 0,004 | 0,7 |
| Clordano | µg/L | 0,006 | 0,006 | 7 |
| Dicloro Difenil Tricloroetano | µg/L | 0,001 | 0,001 | 30 |
| Dieldrín | µg/L | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Endosulfán | µg/L | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Endrin | µg/L | 0,004 | 0,004 | 0,2 |
| Heptacloro Epóxido | µg/L | 0,01 | 0,01 | 0,03 |
| Lindano | µg/L | 4 | 4 | 4 |
| Aldicarb | µg/L | 1 | 1 | 11 |
| MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS | | | | |
| | | NMP/100 | | |
| Coliformes Termotolerantes | ml | 1 000 | 2 000 | 1 000 |
| | | NMP/100 | | |
| Escherichia coli | ml | 1 000 | ---- | ---- |
| Huevos de Helmintos | Huevo/L | 1 | 1 | ---- |

Fuente: Decreto Supremo n°004-2017-MINAM

La comprobación de la calidad microbiológica del agua se establece en el estudio de microorganismos indicadores de la contaminación fecal y usualmente se elige *Escherichia coli* ya que se considera como el indicador de contaminación fecal más apropiado. En la mayoría de las situaciones, las poblaciones de coliformes termotolerantes se componen predominante de *E. coli*; por lo tanto, este grupo se considera un indicador de contaminación fecal aceptable (OMS 2018).

II.2.4. Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales

Según el Decreto Supremo n°004-2017-MINAM, indica que las acciones de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua debe realizarse de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.

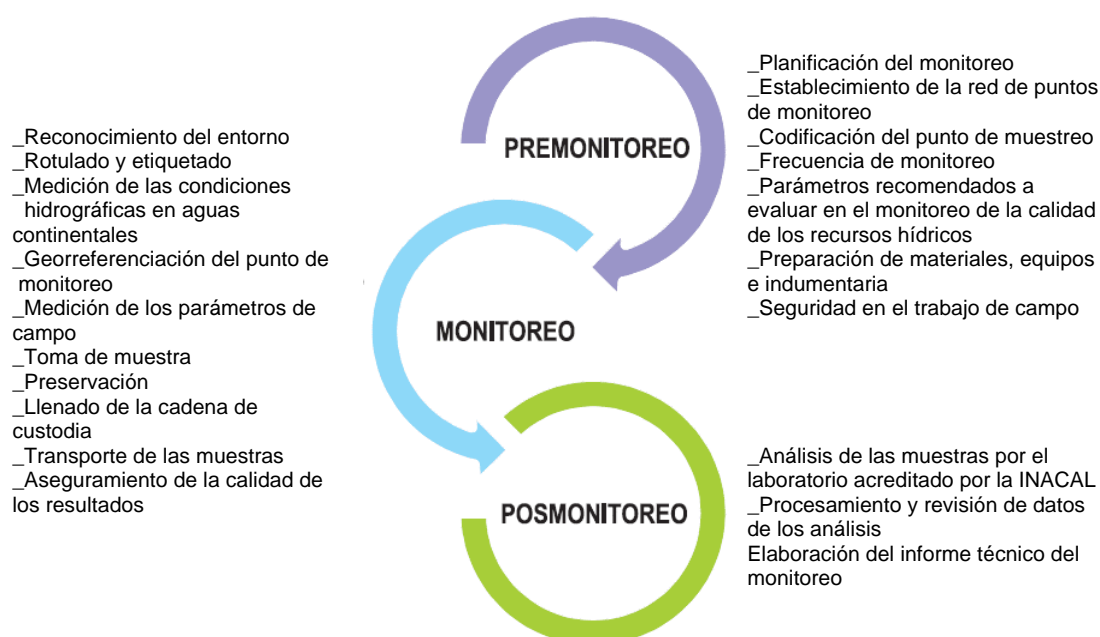
Según la Resolución Jefatural n°010-2016-MINAM, se aprueba el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, el cual establece la logística mínima necesaria, planificación, ejecución y aseguramiento de la calidad del muestreo, es por ello que el monitoreo de la calidad de las aguas debe ser realizado por personas con conocimientos sobre la toma de muestras, preservación y transporte.

Muestra de agua simple o puntual

A este tipo de muestra también se le conoce como discreta, consiste en la toma de una porción de agua en un punto o lugar determinado para su análisis. Representan las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en el instante en el que se realizó su recolección (RJ n°010-2016-MINAM), para realizar este tipo de muestra se seguirá el siguiente protocolo:

Figura 3

Etapas del monitoreo de la calidad del agua



Fuente: Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales

Tabla 4

Etapas del monitoreo de la calidad de agua

| ITEM | PASO | DESCRIPCION |
|------|--|---|
| 1 | Planificación del monitoreo | Se realiza en gabinete para diseñar el trabajo de monitoreo, esto incluye el establecimiento del ámbito de evaluación, puntos de monitoreo, lugares de acceso, verificación y ubicación de la zona de muestreo, los parámetros a evaluar en cada punto de monitoreo, los equipos, materiales, reactivos, formatos de campo, logística a utilizar para el traslado del equipo de trabajo y para el análisis de las muestras. |
| 2 | Establecimiento de la red de puntos de monitoreo | Se deberá hacer de manera preliminar en gabinete. Para ello, es necesario conocer la cuenca hidrográfica, la recopilación e integración de información se realizan a través de herramientas informáticas como ArcGis, Google Earth, entre otras. |
| 3 | Codificación del punto de muestreo | El punto de muestreo debe ser identificado y reconocido claramente. Para determinar la ubicación de estos puntos se utilizará el sistema de posicionamiento Global (GPS); las coordenadas del punto de monitoreo deberán estar en sistema UTM y con el estándar geodésico WGS84, Así mismo deberán considerar puntos de referencia en las cercanías del punto de monitoreo, tales como puentes, Kilometraje vial, localidad, etc. Toda la información adicional al punto de monitoreo será registrada en un formato de identificación del punto de monitoreo. |
| 4 | Frecuencia de monitoreo | Sirve para llevar un control de los cambios en la calidad del recurso hídrico que ocurren en diferentes etapas. |
| 5 | Parámetros recomendados en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales | En la figura 4 se presentan los parámetros mínimos a considerar de acuerdo con la categoría del recurso hídrico asignada por la ANA y los estándares nacionales de Calidad Ambiental para Agua. |
| 6 | Preparación de materiales, equipos e indumentaria | Se deberán preparar con anticipación los materiales de trabajo. Además, se deberá de contar con todos los materiales y equipos de muestreo operativos y debidamente calibrados. |

| ITEM | PASO | DESCRIPCION |
|------|--|--|
| 7 | Seguridad en el trabajo de campo | Las condiciones encontradas en las todas de muestras en los cuerpos de agua, conlleva al personal que realizará la toma de muestras se expongan a potenciales situaciones en contra su seguridad y su salud, es por ello que se debe realizar una identificación de peligros y evaluación de riesgos antes del inicio de la actividad para poder aplicar los controles necesarios. |
| 8 | Reconocimiento del entorno | En el área definida para realizar la toma de muestras se deberá realizar el reconocimiento del entorno e indicar en el registro de campo las características atípicas tales como coloración anormal del agua, abundancia de algas o vegetación acuática, presencia de residuos, actividades humanas, presencia de animales y otros factores que modifiquen las características naturales del cuerpo de agua. |
| 9 | Rotulado y etiquetado | Los recipientes se deben rotular con etiquetas autoadhesivas antes de la toma de muestras. La etiqueta de cada muestra de agua debe contener la información necesaria solicitada por el laboratorio. |
| 10 | Medición de las condiciones hidrográficas en aguas continentales | Los caudales de los recursos hídricos pueden ser calculados utilizando un equipo medidor de velocidad, para calcular la velocidad superficial del agua y también se debe realizar la medición del área transversal del curso del agua. |
| 11 | Medición de las condiciones hidrográficas en aguas continentales | Una vez ubicados en el sitio de muestreo, se deberá identificar el punto de monitoreo, utilizando la información registrada en el formato de identificación del punto de monitoreo, se deberá utilizar un equipo de GPS. |
| 12 | Medición de los parámetros de campo | Se recomienda tomar los parámetros de campo directamente en el cuerpo de agua, caso contrario utilizar un balde limpio y transparente. La lectura de los valores deberá ser realizada de forma inmediata, luego de tomada la muestra, si se producen variaciones significativas de medidas entre dos muestras, es necesario calibrar el equipo, las mediciones deben registrarse en el formato de registro de datos de campo. Los equipos de muestreo deben limpiarse inmediatamente después de su uso. |

| ITEM | PASO | DESCRIPCION |
|------|---|---|
| 13 | Procedimiento para la toma de muestras | <p>El personal que use y manipule los equipos de toma de muestra, los recipientes y frascos o los reactivos de preservación, deberá colocarse EPP específico para tal fin, como guantes descartables, botas de jebe, mascarilla y gafas protectoras. Se deberá ubicar en un punto medio de la corriente principal, donde la corriente sea homogénea, evitando aguas estancadas y poco profundas, utilizar un recipiente, abrir la tapa y contratapa sin palpar la superficie interna del frasco, el cual se debe enjuagar como mínimo dos veces, a excepción de los frascos para el análisis de los parámetros orgánicos o microbiológicos. Coger la botella por debajo del cuello, sumergirla en dirección opuesta al flujo del agua, para los parámetros orgánicos la toma de muestras se realiza en la superficie del río.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evitar coleccionar suciedad, películas de la superficie o sedimentos del fondo. |
| 14 | Conservación, realización de la cadena de custodia, almacenamiento, conservación y transporte de las muestras | <p>Luego de realizar la toma de muestra de agua, se debe adicionar el preservante para los parámetros solicitados, luego de preservada la muestra, se debe homogenizar y cerrar herméticamente el recipiente. Para su entrada al laboratorio de análisis, las muestras deberán ir con la cadena de custodia, la cual debe estar llena correctamente y protegida a fin de evitar que se deteriore.</p> |
| 15 | Aseguramiento de la calidad del muestreo | <p>Los controles de calidad son el único medio para identificar errores en el proceso de monitoreo; por lo tanto, deben formar parte de cada monitoreo de la calidad del agua y tener sus criterios de aceptación definidos.</p> |
| 16 | Actividades post muestreo | <p>Incluye los análisis en el laboratorio, el procesamiento y la revisión de datos, se recomienda que el laboratorio cuente con parámetros acreditados por el Instituto Nacional de calidad (INACAL) o por una entidad internacional equivalente mediante la norma ISO/IEC 17025:2017</p> |

Fuente: Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales

Figura 4

Parámetros mínimos recomendados para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales

| Parámetros | Categoría 1 | Categoría 2 | Categoría 3 | Categoría 4 Ríos, lagunas y lagos | Categoría 4 Ecosistemas marino-costeros |
|----------------------------|--|--|---|---|--|
| Parámetros de campo | pH, T, Cond, OD | pH, T, OD | pH, T, Cond, OD | pH, T, Cond, OD | pH, T, OD |
| Parámetros químico-físicos | DBO ₅ , AyG, N-NO ₃ , N-NH ₃ , P, metales (Al, As, B, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn) | DBO ₅ , AyG, SST, N-NO ₃ , P, sulfuros, metales (As, B, Ba, Cd, Cu, Cr ⁶⁺ , Hg, Ni, Pb, Zn) | DBO ₅ , AyG, N-NO ₃ , sulfatos, metales (Al, As, B, Ba, Cd, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn) | DBO ₅ , AyG, SST, N _{tot} , N-NO ₃ , N-NH ₃ , P, metales (As, Ba, Cd, Cu, Cr ⁶⁺ , Hg, Ni, Pb, Zn), | DBO ₅ , AyG, N-NO ₃ , N-NH ₃ , P, metales (As, Cd, Cu, Cr ⁶⁺ , Hg, Ni, Pb, Zn) |
| Parámetros microbiológicos | Coliformes termotolerantes, <i>Escherichia coli</i> , Organismo de vida libre | Coliformes termotolerantes, | Coliformes termotolerantes, <i>Escherichia coli</i> , Huevos y larvas de helmintos, | Coliformes termotolerantes, | |

Fuente: Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales

II.2.5. Relleno sanitario de Cajamarca

Mediante la Resolución Directoral N° 0911/2009/DIGESA/SA del 26 de febrero de 2009, la Dirección de General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA), aprobó a favor de la Municipalidad Provincial de Cajamarca el Estudio de Impacto ambiental (EIA) correspondiente a la infraestructura de recuperación, tratamiento y disposición final de residuos sólidos en Cajamarca. Se consideró como área de influencia directa del proyecto a toda aquella superficie comprendida dentro de los límites del proyecto y su área de influencia indirecta consideró la superficie comprendida a partir del cerco perimétrico del área del proyecto hasta los mil (1.000) metros de distancia. La capacidad estimada de operación del relleno sanitario fue de 106,3 t/d (residuos municipales) y 6,6 t/día (residuos no municipales), por lo que se consideró una vida útil de 10 años.

El objetivo de este estudio es prevenir, mitigar y restaurar los daños al ambiente, así como la regulación de obras o actividades para evitar o reducir sus efectos negativos en el ambiente, por lo que en esta investigación se realiza una línea estudios de diferentes disciplinas de modo contar con una línea base y conocer los aspectos e impactos ambientales que se generan en este proceso, de modo que se definan los controles ambientales a considerar, así como el seguimiento y monitoreo de los mismos. Dentro de los controles ambientales descritos en su EIA aprobado, se encuentra el compromiso de un monitoreo trimestral de aguas y lixiviados dentro de su área de influencia, los parámetros considerados a analizar respecto al agua superficial y subterránea son los siguientes:

Tabla 5

Parámetros de monitoreo de calidad de agua (EIA relleno sanitario).

| ITEM | PARÁMETROS | UNIDAD DE MEDIDA |
|----------|-----------------------------|------------------------|
| 1 | FÍSICOS Y QUÍMICOS | |
| 1.1 | PH | Unidad de Ph |
| 1.2 | Temperatura | °C |
| 1.3 | Conductividad eléctrica | (μ S/cm) |
| 1.4 | Dureza total | mg/l CaCO ₃ |
| 1.5 | Sólidos totales | mg/l |
| 1.6 | Sólidos totales suspendidos | mg/l |
| 1.7 | Sólidos totales disueltos | mg/l |
| 1.8 | Nitrógeno - nitrato | mg/l N-NO ₃ |
| 1.9 | DBO ₅ | mg/l |
| 1.10 | DQO | mg/l |
| 1.11 | Aceites y grasas | mg/l |
| 2 | INORGÁNICOS | |
| 2.1 | Cadmio | mg/l |
| 2.2 | Cromo | mg/l |
| 2.3 | Plomo | mg/l |
| 2.4 | Níquel | mg/l |
| 2.5 | Zinc | mg/l |
| 2.6 | Mercurio | mg/l |
| 2.7 | Fósforo | mg/l |
| 2.8 | Nitrógeno | mg/l |
| 3 | MICROBIOLÓGICOS | |
| 3.1 | Coliformes fecales | NMP/100 ml |
| 3.2 | Coliformes totales | NMP/100 ml |
| 3.3 | Heterótrofos | μ fc/ml |
| 3.4 | Parásitos y protozoarios | Determinación/1l |

Fuente: EIA R.D n° 0911/2009/DIGESA/SA

A continuación, se hace una descripción de los cuerpos de agua identificadas en el área del relleno sanitario de Cajamarca:

Aguas subterráneas y manantiales

Según el estudio geofísico y la evaluación de campo de la R.D n° 0911/2009/DIGESA/SA, se ha podido corroborar la existencia de 2 manantiales. El primer

manantial denominado Chilca, se encuentra ubicado en la zona alta norte, mientras que el segundo manantial denominada Capulipampa aflora en la zona baja y fuera del área del relleno sanitario. La presencia de estas fuentes de abastecimiento de agua, son una evidencia de la presencia de aguas subterráneas, como se puede corroborar de acuerdo el estudio geofísico a través de método de resistividad eléctrica realizado en febrero del 2008. De los 13,60 metros respecto a la cota del terreno, hay una probabilidad de suelo húmedo y con indicios de agua, desde los 13,60 metros hasta una profundidad de 41,60 metros, a manera de una "bolsonada", su origen es la acumulación y filtración de las aguas de lluvia, aprovecha las zonas planas principalmente que permite la infiltración de las aguas estancadas.

El 12 de noviembre de 2019, los representantes de la Dirección de Supervisión Ambiental de Infraestructuras y servicios (DSIS) del OEFA, en el marco de las funciones conferidas por el DS N° 13-2017-MINAM, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del OEFA realizó una acción de supervisión de tipo regular al relleno sanitario de Cajamarca, cuyo análisis de la supervisión, contemplado en el informe de supervisión 015-2020-OEFA/DSIS-CRES, fue la siguiente:

Tabla 6

Hechos detectados en la supervisión del OEFA

| ITEM | HECHOS DETECTADOS | NORMA QUE ESTABLECE LA OBLIGACIÓN | RESULTADO |
|------|--|--|---|
| 1 | Incumplimiento de la conformación de una nueva trinchera (celda N°02) para la disposición final de los residuos sólidos municipales en el relleno sanitario no contemplando en su EIA | Artículo 29° del Reglamento del SEIA | Recomendación inicio procedimiento administrativo sancionador |
| 2 | El administrado no cuenta con todas las operaciones mínimas que deben de realizarse en un relleno sanitario: cobertura y compactación diaria de los residuos sólidos, mantenimiento de los drenes de lixiviados, chimeneas para evacuación y control de gases de la celda N°02 | Artículo 115° del Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278 aprobado mediante Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM | Recomendación inicio procedimiento administrativo sancionador |
| 3 | El administrado no realizó la operación de cobertura o compactación diaria de los residuos sólidos municipales en la trinchera N°01 | Artículo 29° del Reglamento del SEIA | Recomendación inicio procedimiento administrativo sancionador |

| ITEM | HECHOS DETECTADOS | NORMA QUE ESTABLECE LA OBLIGACIÓN | RESULTADO |
|------|--|--------------------------------------|---|
| 4 | El administrado no cuenta con drenes y chimeneas de evacuación de gases en la celda de los residuos sólidos municipales N°01 | Artículo 29° del Reglamento del SEIA | Recomendación inicio procedimiento administrativo sancionador |
| 5 | El administrado no realizó la impermeabilización de los drenes longitudinal principal de lixiviado que conducen los lixiviados del relleno sanitario hacia la poza de lixiviados n°04 | Artículo 29° del Reglamento del SEIA | Recomendación inicio procedimiento administrativo sancionador |
| 6 | Incumplimiento en la colocación de las carpas para las pozas de almacenamiento de lixiviado | Artículo 29° del Reglamento del SEIA | Recomendación inicio procedimiento administrativo sancionador |
| 7 | El administrado no cuenta con canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial en el relleno sanitario | Artículo 29° del Reglamento del SEIA | Recomendación inicio procedimiento administrativo sancionador |
| 8 | <p>El administrado incumple lo establecido en su programa de Monitoreo ambiental establecido en su Instrumento de Gestión Ambiental toda vez que:</p> <p>i) No realizó el monitoreo de calidad de aire en la totalidad de puntos de monitoreos consignados en su EIA, así tampoco realizó la evaluación de los parámetros CO₂ y CH₄, correspondientes al primer semestre de 2019.</p> <p>ii) No realizó el monitoreo ambiental de agua subterránea correspondiente al primer y tercer trimestre del año 2019, así como tampoco realizó la evaluación de los parámetros N Y P, correspondiente al segundo trimestre del 2019.</p> <p>iii) No realizó el monitoreo de lixiviados, correspondiente al primer y tercer trimestre del año 2019, así como tampoco realizó la evaluación de los parámetros Nitrógeno (N) y Fósforo (P), correspondientes al segundo trimestre del 2019.</p> | Artículo 29° del Reglamento del SEIA | Recomendación inicio procedimiento administrativo sancionador |

| ITEM | HECHOS DETECTADOS | NORMA QUE ESTABLECE LA OBLIGACIÓN | RESULTADO |
|------|---|-----------------------------------|-----------|
| | iv) No realizó el monitoreo ambiental de agua superficial al año 2019 | | |

Fuente: Informe de supervisión 015-2020-OEFA/DSIS-CRES

Así mismo, desde la puesta de funcionamiento del relleno sanitario de Cajamarca en el año 2009, ya transcurrieron los 10 años de vida útil considerada en su EIA para su infraestructura, y la generación diaria de residuos en la actualidad es de un valor mayor, según se verifica en la siguiente tabla:

Tabla 7

Generación de residuos en el departamento de Cajamarca

| ITEM | PROVINCIA | GENERACION MUNICIPAL ANUAL (t/año) | GENERACION MUNICIPAL DIARIA (t/día) | GENERACION MUNICIPAL PER CÁPITA(Kg/hab.día) |
|------|-------------|------------------------------------|-------------------------------------|---|
| 1 | Cajabamba | 4 996,25 | 13,69 | 0,57 |
| 2 | Cajamarca | 62 046,50 | 169,99 | 0,73 |
| 3 | Celendín | 5 978,06 | 16,38 | 0,62 |
| 4 | Chota | 8 764,34 | 24,01 | 0,58 |
| 5 | Contumazá | 2 747,86 | 7,53 | 0,59 |
| 6 | Cutervo | 8 430,31 | 23,10 | 0,71 |
| 7 | Hualgayoc | 3 699,69 | 10,14 | 0,47 |
| 8 | Jaén | 30 851,69 | 84,53 | 0,75 |
| 9 | San Ignacio | 7 993,94 | 21,90 | 0,77 |
| 10 | San Marcos | 4 014,51 | 11,00 | 0,72 |
| 11 | San Miguel | 2 491,34 | 6,83 | 0,65 |
| 12 | San Pablo | 1 030,32 | 2,82 | 0,69 |
| 13 | Santa Cruz | 2 565,61 | 7,03 | 0,72 |

Fuente: Dirección General de Gestión de residuos sólidos, MINAM, 2020

III. HIPÓTESIS

III.1. Declaración de Hipótesis

III.1.1 Hipótesis General:

Los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan negativamente en la calidad del agua del río Cajamarquino, en el distrito de Jesús, en el año 2021.

III.1.2 Hipótesis Específicas:

- Los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros físicos-químicos (aceites y grasas, conductividad eléctrica, DBO5, DQO, nitritos, nitratos, oxígeno disuelto, sulfatos, PH, temperatura y caudal) y los parámetros analizados no cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM, en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021.
- Los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros inorgánicos (Aluminio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobre, cobalto, manganeso, mercurio, níquel, plomo, selenio, zinc, plata, estaño, hierro, litio, magnesio, antimonio, molibdeno, amonio, y cromo) y los parámetros analizados no cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM, en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021.
- Los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros microbiológicos (*Escherichia coli*) y los parámetros analizados no cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM, en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021.

III.2. Operacionalización de variables

A continuación, se presenta la matriz de operacionalización de variables correspondiente al impacto del lixiviado del relleno sanitario de Cajamarca en la calidad del agua del río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021.

Tabla 8

Matriz de operacionalización de variables

| Variable | Tipo de Variable Según su naturaleza | Operacionalización | | Dimensiones (Sub- variables) | Definición conceptual | Indicador | Ítems | Nivel de Medición |
|----------------------------------|--------------------------------------|--|--|--|--|---|------------|-------------------|
| | | Definición Conceptual | Definición Operacional | | | | | |
| Calidad del agua | Dependiente | es la medida que instaura el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que se encuentran en el aire, agua o suelo, en su posición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (Ley n°28611, 2005) | Se medirá a través de ensayos de laboratorio siguiendo el método estándar para el análisis de agua y Aguas residuales SMEWW-APHA-AWWA-WEF publicada por la Asociación Estadounidense de Salud Pública, la Asociación Estadounidense de Obras Hidráulicas, y la Federación Ambiental del Agua | Parámetros físicos y químicos | Parámetros que determinan la presencia y la cantidad de contaminantes con factores físico-químicos. | | mg/L | Nominal |
| | | | | Parámetros inorgánicos (metales totales) | Los metales son un grupo de elementos químicos con una densidad alta. Son en general tóxicos para los seres humanos y el ambiente | Variación de los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio en los diferentes puntos de muestreo | mg/L | |
| | | | | Parámetros microbiológicos | es un parámetro de gestión de riesgos que indica la aceptabilidad del alimento o el funcionamiento ya sea del proceso o del sistema de control de inocuidad de los alimentos | | NMP/100 mL | |
| Lixiviados del relleno sanitario | Independiente | Es el líquido resultante de la descomposición y deshidratación natural de la basura (desechos sólidos) que se forma por reacción, arrastre o percolación, y que contiene componentes disueltos o en suspensión, característicos de los desechos de los cuales proviene (MINAM, 2010) | Se medirá a través de ensayos de laboratorio siguiendo el método estándar para el análisis de agua y Aguas residuales SMEWW-APHA-AWWA-WEF publicada por la Asociación Estadounidense de Salud Pública, la Asociación Estadounidense de Obras Hidráulicas, y la Federación Ambiental del Agua | Parámetros físicos y químicos | Parámetros que determinan la presencia y la cantidad de contaminantes con factores físico-químicos. | | mg/L | Nominal |
| | | | | Parámetros inorgánicos (metales totales) | Los metales son un grupo de elementos químicos con una densidad alta. Son en general tóxicos para los seres humanos y el ambiente | Comparación con los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio | mg/L | |
| | | | | Parámetros microbiológicos | es un parámetro de gestión de riesgos que indica la aceptabilidad del alimento o el funcionamiento ya sea del proceso o del sistema de control de inocuidad de los alimentos | | NMP/100 mL | |

IV. Descripción de métodos y análisis

IV.I. Tipo de Investigación

IV.I.I. Enfoque

El enfoque considerado para esta investigación es el cuantitativo, puesto que según Hernández et al. (2014), la investigación cuantitativa usa como herramienta la recolección de datos para comprobar hipótesis con sustentos en la medición numérica y el análisis estadístico, con el objetivo de definir modelos de comportamiento y probar teorías.

Por lo tanto, esta investigación tiene este enfoque porque utiliza la recolección de datos con medición numérica para probar la hipótesis de que los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan negativamente en la calidad del agua del río Cajamarquino.

IV.I.II. Diseño

La presente investigación es de diseño no experimental, puesto que según Hernández et al. (2014) la investigación experimental se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes, y en la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir en ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos.

Por lo tanto, esta investigación es no experimental porque no se manipula la variable independiente (lixiviados del relleno sanitario) y no es posible manipularla porque ya sucedió al igual que sus efectos.

IV.I.III. Nivel

Esta investigación se enmarca dentro del nivel explicativo, puesto que según Hernández et al. (2014) la investigación de nivel explicativo pretende establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se experimentan.

Por lo tanto, esta investigación tiene este nivel puesto que se cuenta con una variable dependiente (calidad del agua) y una variable independiente (lixiviado); y se establecerá si el lixiviado del relleno sanitario de Cajamarca es la causa de la posible contaminación del río Cajamarquino.

IV.II. Población y muestra

IV.II.I Población

Según Arias et al. (2016) La población es un grupo de casos, definido, limitado y accesible, que constituirá el referente para la definición de la muestra, y que cumple con una serie de criterios predeterminados.

Por lo tanto, en esta investigación se ha considerado como población al agua del río Cajamarquino.

IV.II.II Muestra

Según Hernández et al. (2014), menciona que la muestra es el subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de ésta.

Por lo tanto, en esta investigación se ha considerado tomar 6 muestras en el río Cajamarquino, 3 de ellas en temporada de estiaje y los 3 restantes en temporada de avenida.

IV.III. Método, técnica e instrumentos de recolección y análisis de datos

IV.III.I Método

Según Hernández et al. (2014), menciona que el método deductivo tiene como enfoque central las hipótesis, las cuales se contrastan con la realidad para aceptarse o rechazarse en un contexto determinado.

Por lo tanto, el método para esta investigación es el deductivo.

IV.III.II Técnica e instrumentos:

En esta investigación se utilizarán las siguientes técnicas e instrumentos:

Tabla 9

Técnicas e instrumentos

| Técnicas | Instrumentos |
|----------------------|--|
| Toma de muestras | Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. Cadena de custodia |
| Observación de campo | Guía de observación de campo |

| | |
|-------------------------|-------------------|
| Análisis de laboratorio | Métodos de ensayo |
|-------------------------|-------------------|

A continuación, se indica los equipos y materiales que se utilizarán para tener una toma de muestras eficaz:

Tabla 10

Materiales y equipos

| | |
|----------|-------------------------------|
| 1 | MEDIOS DE TRANSPORTE |
| 1.1 | Camioneta |
| 2 | MATERIALES |
| 2.1 | Coolers grandes y pequeños |
| 2.2 | Frascos de plásticos |
| 2.3 | Frascos de vidrio |
| 2.4 | Guantes descartables |
| 2.5 | Mascarillas |
| 2.6 | Refrigerantes |
| 3 | EQUIPOS |
| 3.1 | GPS |
| 3.2 | Correntómetro |
| 3.3 | Multiparámetro |
| 3.4 | Cámara fotográfica |
| 4 | SOLUCIONES Y REACTIVOS |
| 4.1 | Agua destilada |
| 4.2 | Preservantes |
| 4.3 | Soluciones estándar |
| 5 | FORMATOS |
| 5.1 | Etiquetas |
| 5.2 | Registro de campo |
| 5.3 | Cadena de custodia |

IV.III.III Validez y confiabilidad de información:

Para determinar la validez y confiabilidad de las técnicas y de los instrumentos, se usaron equipos calibrados, y se contrató los servicios de una empresa certificada y líder en el rubro de monitoreos y ensayos de laboratorio.

IV.III.IV Para analizar la información:

Después de haber aplicado la técnicas e instrumentos, se procedió a organizar la información en Excel, lo cual permitió elaborar las tablas que describen los resultados finales de las variables, para la redacción del informe se utilizó el paquete office.

IV.III.V Aspectos éticos de la investigación:

La investigación se realizó con el conocimiento de los dueños de los predios adyacentes a la zona de estudio, los cuales nos permitieron pasar por sus terrenos para poder llegar a los puntos de monitoreo, además los resultados de los monitoreos y ensayos se usaron únicamente para poder comprobar la hipótesis de esta tesis, no se usarán para otros fines.

IV.IV. Procedimiento

Para el desarrollo de esta investigación, las mediciones de campo y recolección de muestras en el área de estudio, se lo efectuó conforme al protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, según Resolución Jefatural n°010-2016-MINAM.

Las muestras recolectadas, fueron transportadas hacia el laboratorio de aguas de SGS, la cual se encuentra certificada por el Instituto nacional de calidad (INACAL), donde se realizaron los ensayos de laboratorio correspondientes según el método estándar para el análisis de agua y Aguas residuales publicada por la Asociación Americana de Salud Pública, la Asociación Americana de Obras Hidráulicas, y la Federación Ambiental del Agua (SMEWW-APHA-AWWA-WEF).

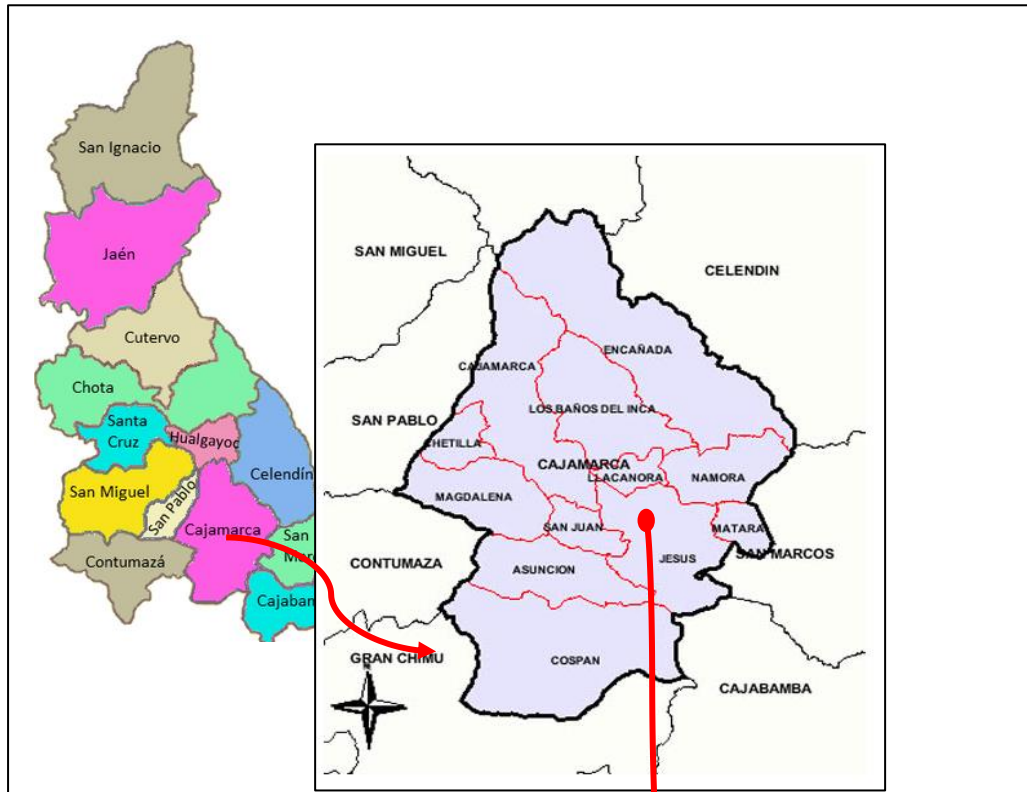
El laboratorio acreditado SGS, emitió a través de un informe de ensayos de laboratorio, los resultados obtenidos, seguidamente se analizaron los datos y se realizaron tablas de comparación entre:

- Los 3 puntos de monitoreo en el río Cajamarquino, en las temporadas de estiaje y avenida
- El último punto de monitoreo y el Decreto Supremo n°004-2017-MINAM, en las temporadas de estiaje y avenida.

El área de investigación está conformada por un tramo del río Cajamarquino y el relleno Sanitario de Cajamarca, el cual se encuentra a una de altura de 2820 m.s.n.m; ambas áreas ubican en el distrito de Jesús, provincia de Cajamarca, departamento y región de Cajamarca, en esta área se ubica y el río Cajamarquino.

Figura 5

Ubicación del área de estudio



Para la presente investigación, inicialmente se realizarán mediciones de campo y toma de muestras en el río Cajamarquino, para llegar a los puntos de monitoreo se utilizará los accesos habilitados a una distancia aproximada de 2.5 km. desde el distrito de Jesús.

Figura 6

Vía de acceso al río Cajamarquino

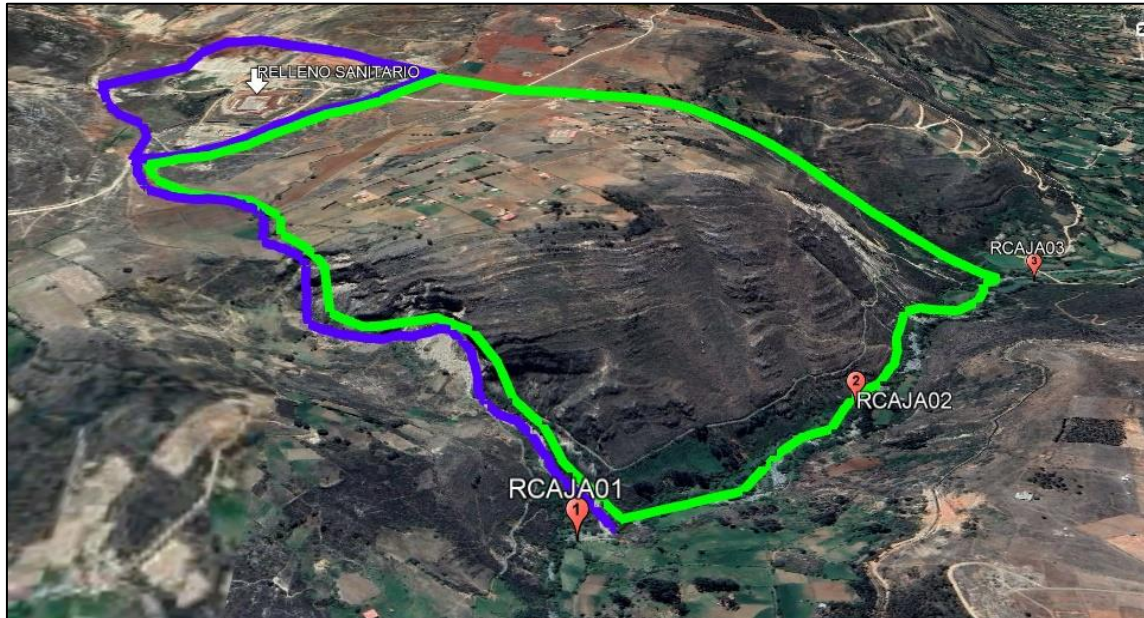


Las tomas de muestras a realizar son del tipo simple o puntual, en dos temporadas (de estiaje y de avenida), se ha considerado para la ubicación de los puntos de monitoreo en el río Cajamarquino lo siguiente:

- RCAJ01: 100 metros aguas arriba de la confluencia del río Cajamarquino con la quebrada Chilca.
- RCAJ03: 100 metros aguas abajo del polígono considerado para esta investigación como el área aportante al río Cajamarquino de agua superficial y subterránea.
- RCAJ02: Punto intermedio entre el RCAJ 01 y RCAJ 03.

Figura 7

Ubicación de los puntos de monitoreo





-  Área aportante de agua superficial al río Cajamarquino.
-  Área aportante de agua subterránea al río Cajamarquino.



Tabla 11

Ubicación de los puntos de monitoreo

| ITEM | CUERPO DE AGUA | CÓDIGO | COORDENADAS UTM | | ELEVACIÓN |
|------|------------------|--------|-----------------|------------|-----------|
| | | | ZONA DE BANDA | ESTE NORTE | |
| 1 | RIO CAJAMARQUINO | RCAJ01 | 17 S | 787114 | 9200962 |
| | | | | m. | m. |
| 2 | RIO CAJAMARQUINO | RCAJ02 | 17 S | 787395 | 9200489 |
| | | | | m. | m. |
| 3 | RIO CAJAMARQUINO | RCAJ03 | 17 S | 787909 | 9200063 |
| | | | | m. | m. |

La determinación de los parámetros a monitorear, se realizó a través de una revisión de los parámetros determinados en 3 normas: la Resolución Jefatural n°010-2016-MINAM, la Resolución Directoral n°0911/2009/DIGESA/SA y la Regulación legal completa para la Ordenanza sobre Rellenos Sanitarios de 2008, versión del 25 de mayo de 2021, de la normativa de Austria. De esta revisión se ha considerado los siguientes parámetros a monitorear:

Tabla 12

Parámetros de monitoreo de calidad de agua considerados para el estudio

| ITEM | PARÁMETROS | UNIDAD DE MEDIDA |
|----------|---------------------------|-------------------|
| 1 | FÍSICOS Y QUÍMICOS | |
| 1.1 | Aceites y grasas | mg/L |
| 1.2 | Conductividad eléctrica | (μ S/cm) |
| 1.3 | DBO ₅ | mg/L |
| 1.4 | DQO | mg/L |
| 1.5 | Nitritos | mg/L |
| 1.6 | Nitratos | mg/L |
| 1.7 | Oxígeno Disuelto | mg/L |
| 1.8 | Sulfatos | mg/L |
| 1.9 | pH | Unidad de pH |
| 1.10 | Temperatura | °C |
| 1.11 | Caudal | m ³ /s |
| 2 | INORGÁNICOS | |
| 2.1 | Aluminio | mg/L |

| ITEM | PARÁMETROS | UNIDAD DE MEDIDA |
|----------|------------------------|------------------|
| 2.2 | Arsénico | mg/L |
| 2.3 | Bario | mg/L |
| 2.4 | Berilio | mg/L |
| 2.5 | Boro | mg/L |
| 2.6 | Cadmio | mg/L |
| 2.7 | Cobre | mg/L |
| 2.8 | Cobalto | mg/L |
| 2.9 | Manganeso | mg/L |
| 2.10 | Mercurio | mg/L |
| 2.11 | Níquel | mg/L |
| 2.12 | Plomo | mg/L |
| 2.13 | Selenio | mg/L |
| 2.14 | Zinc | mg/L |
| 2.15 | Plata | mg/L |
| 2.16 | Estaño | mg/L |
| 2.17 | Hierro | mg/L |
| 2.18 | Litio | mg/L |
| 2.19 | Magnesio | mg/L |
| 2.20 | Antimonio | mg/L |
| 2.21 | Molibdeno | mg/L |
| 2.22 | Amonio | mg/L |
| 2.23 | Cromo | mg/L |
| 3 | MICROBIOLÓGICOS | |
| 3.1 | Escherichia Coli | NMP/100 ml |

IV.V. MONITOREO

Se realizó la toma de muestras y medición de parámetros de campo en los puntos de monitoreo en el río Cajamarquino en los meses de Setiembre 2021(temporada de estiaje) y diciembre 2021(temporada de avenida).

Posteriormente las muestras fueron transportadas al laboratorio de SGS para los ensayos respectivos.

Figura 8

Toma de muestras y medición de parámetros de campo en el punto RCAJ01



Figura 9

Toma de muestras y medición de parámetros de campo en el punto RCAJ02





Figura 10

Toma de muestras y medición de parámetros de campo en el punto RCAJ03



V. RESULTADOS

Objetivo general: Determinar el impacto del lixiviado del relleno sanitario de Cajamarca en la calidad del agua del río Cajamarquino del distrito de Jesús, en el año 2021.

Hipótesis general: Los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan negativamente en la calidad del agua del río Cajamarquino, en el distrito de Jesús, en el año 2021.

- Para este estudio se analizaron los datos de los resultados obtenidos de los monitoreos realizados en la época de estiaje y avenida, los cuales se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 13

Resultados \pm incertidumbre del ensayo de laboratorio – Setiembre

| Parámetro | Unidad | ECA – Categoría 3 D1: Riego de vegetales | Setiembre | | |
|--------------------------------|-------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | | RCAJ 01 | RCAJ 02 | RCAJ 03 |
| | | | 10/09/2021 13:45 | 10/09/2021 11:45 | 10/09/2021 10:20 |
| Análisis de campo | | | | | |
| Conductividad | uS/cm | 2500 | 965 \pm 77.20 | 935 \pm 74.80 | 943 \pm 75.44 |
| Medición de Caudal | m ³ /s | -- | 0.44562 | 0.49375 | 0.701 |
| Oxígeno Disuelto. | mg/L | >4 | 6.91 \pm 0.17 | 6.8 \pm 0.17 | 6.85 \pm 0.17 |
| Potencial de Hidrógeno. | pH | 6.5 - 8.5 | 8.38 \pm 0.06 | 8.42 \pm 0.06 | 8.41 \pm 0.06 |
| Temperatura | °C | ▲3 | 19 \pm 0.54 | 18.6 \pm 0.54 | 18.4 \pm 0.54 |
| Análisis fisicoquímicos | | | | | |
| Aceites y Grasas | mg/L | 5 | <0.4 | <0.4 | <0.4 |
| Amonio | mg/L | -- | 3.471 \pm 0.76 | 3.214 \pm 0.71 | 3.343 \pm 0.74 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 15 | <2.6 | <2.6 | <2.6 |
| Demanda Química de Oxígeno | mg/L | 40 | 31.1 \pm 8.1 | 33.7 \pm 8.8 | 31.1 \pm 8.1 |
| Aniones | | | | | |

| Parámetro | Unidad | ECA – Categoría 3 D1: Riego de vegetales | Setiembre | | |
|--|---------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | RCAJ 01 | RCAJ 02 | RCAJ 03 |
| | | | 10/09/2021 | 10/09/2021 | 10/09/2021 |
| | | | 13:45 | 11:45 | 10:20 |
| Nitrato | mg/L | 100 | 5.736±1.15 | 5.501±1.10 | 5.443±1.09 |
| Nitrito | mg/L | 100 | 0.897±0.25 | 0.758±0.21 | 0.717±0.20 |
| Sulfato | mg/L | 1000 | 139.54±29.3 | 134.95±28.34 | 155.07±32.56 |
| Análisis Microbiológico | | | | | |
| Numeración de <i>Escherichia Coli</i> | NMP/100 mL | 1000 | <1.8 | <1.8 | <1.8 |
| Metales Totales | | | | | |
| Aluminio Total | mg/L | 5 | 0.5±0.045 | 0.517±0.047 | 0.38±0.034 |
| Arsénico Total | mg/L | 0.1 | 0.00662±0.00073 | 0.00485±0.00053 | 0.00555±0.00061 |
| Bario Total | mg/L | 0.7 | 0.1364±0.0123 | 0.1317±0.0119 | 0.1304±0.0117 |
| Berilio Total | mg/L | 0.1 | <0.00006 | <0.00006 | <0.00006 |
| Boro Total | mg/L | 1 | 0.141±0.017 | 0.139±0.017 | 0.14±0.017 |
| Cadmio Total | mg/L | 0.01 | <0.00003 | <0.00003 | <0.00003 |
| Cobalto Total | mg/L | 0.05 | 0.00099±0.00009 | 0.00114±0.00010 | 0.00081±0.00007 |
| Cobre Total | mg/L | 0.2 | 0.00164±0.00041 | 0.00173±0.00043 | 0.0015±0.00038 |
| Cromo Total | mg/L | 0.1 | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 |
| Hierro Total | mg/L | 5 | 0.77122±0.0617 | 0.763±0.0610 | 0.606±0.0485 |
| Litio Total | mg/L | 2.5 | 0.0152±0.0014 | 0.0153±0.0014 | 0.0152±0.0014 |
| Magnesio Total | mg/L | 250 | 15.871±1.905 | 15.306±1.837 | 15.635±1.876 |
| Manganeso Total | mg/L | 0.2 | 0.51156±0.0358 | 0.50204±0.0351 | 0.44239±0.0309 |
| Mercurio Total | mg/L | 0.001 | <0.00009 | <0.00009 | <0.00009 |
| Níquel Total | mg/L | 0.2 | 0.0008±0.0002 | 0.0011±0.0003 | 0.0012±0.0003 |
| Plomo Total | mg/L | 0.05 | <0.0006 | <0.0006 | <0.0006 |
| Selenio Total | mg/L | 0.02 | <0.0013 | <0.0013 | <0.0013 |
| Zinc Total | mg/L | 2 | 0.0034±0.0003 | 0.0032±0.0003 | <0.0026 |
| Plata Total | mg/L | -- | <0.000010 | <0.000010 | <0.000010 |
| Estaño Total | mg/L | -- | <0.00010 | <0.00010 | <0.00010 |
| Antimonio Total | mg/L | -- | <0.00013 | <0.00013 | <0.00013 |
| Molibdeno Total | mg/L | -- | 0.00164±0.00038 | 0.00161±0.00037 | 0.00174±0.00040 |

Nota: En el cuadro se muestran los valores de los parámetros analizados, de los cuales el parámetro Manganeso sobrepasa los ECA-agua

Tabla 14

Resultados \pm incertidumbre del ensayo de laboratorio – Diciembre

| Parámetro | Unidad | ECA – | | Diciembre | | |
|---------------------------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| | | Categoría 3 | | RCAJ 01 | RCAJ 02 | RCAJ 03 |
| | | D1: Riego de vegetales | | 28/12/2021 09:36 | 28/12/2021 12:45 | 28/12/2021 11:00 |
| Análisis de campo | | | | | | |
| Conductividad | uS/cm | 2500 | 416 \pm 49.92 | 417 \pm 50.04 | 417 \pm 50.04 | |
| Medición de Caudal | m ³ /s | -- | 4.81998 | 5.02388 | 5.19799 | |
| Oxígeno Disuelto. | mg/L | >4 | 7.15 \pm 0.18 | 7.28 \pm 0.18 | 7.23 \pm 0.18 | |
| Potencial de Hidrógeno. | pH | 6.5 - 8.5 | 7.9 \pm 0.05 | 8.07 \pm 0.06 | 8.14 \pm 0.06 | |
| Temperatura | °C | ▲ 3 | 15.3 \pm 0.55 | 16.3 \pm 0.55 | 16.1 \pm 0.55 | |
| Análisis fisicoquímicos | | | | | | |
| Aceites y Grasas | mg/L | 5 | <0.4 | <0.4 | <0.4 | |
| Amonio | mg/L | -- | 3.214 \pm 0.707 | 2.957 \pm 0.651 | 2.829 \pm 0.622 | |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 15 | <2.6 | <2.6 | <2.6 | |
| Demanda Química de Oxígeno | mg/L | 40 | 14.8 \pm 2.8 | 11.1 \pm 2.3 | 15.4 \pm 2.9 | |
| Aniones | | | | | | |
| Nitrato | mg/L | 100 | 5.138 \pm 1.028 | 5.246 \pm 1.049 | 5.392 \pm 1.078 | |
| Nitrito | mg/L | 100 | 0.497 \pm 0.139 | 0.458 \pm 0.128 | 0.537 \pm 0.150 | |
| Sulfato | mg/L | 1000 | 81.4 \pm 17.09 | 85.62 \pm 17.98 | 87.32 \pm 18.34 | |
| Análisis Microbiológico | | | | | | |
| Numeración de <i>Escherichia Coli</i> | NMP/100 mL | 1000 | <1.8 | <1.8 | <1.8 | |
| Metales Totales | | | | | | |
| Aluminio Total | mg/L | 5 | 0.209 \pm 0.019 | 0.416 \pm 0.037 | 0.322 \pm 0.029 | |
| Arsénico Total | mg/L | 0.1 | <0.00010 | 0.00113 \pm 0.00012 | 0.00342 \pm 0.00038 | |
| Bario Total | mg/L | 0.7 | 0.0524 \pm 0.0047 | 0.0522 \pm 0.0047 | 0.0534 \pm 0.0048 | |
| Berilio Total | mg/L | 0.1 | <0.00006 | <0.00006 | <0.00006 | |
| Boro Total | mg/L | 1 | 0.045 \pm 0.005 | 0.045 \pm 0.005 | 0.046 \pm 0.006 | |
| Cadmio Total | mg/L | 0.01 | <0.00003 | <0.00003 | <0.00003 | |
| Cobalto Total | mg/L | 0.05 | 0.00093 \pm 0.00008 | 0.001 \pm 0.00009 | 0.00075 \pm 0.00007 | |

| Parámetro | Unidad | ECA – Categoría 3 D1: Riego de vegetales | Diciembre | | |
|-----------------|--------|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | RCAJ 01 | RCAJ 02 | RCAJ 03 |
| | | | 28/12/2021 | 28/12/2021 | 28/12/2021 |
| | | | 09:36 | 12:45 | 11:00 |
| Cobre Total | mg/L | 0.2 | 0.00231±0.00058 | 0.00286±0.00072 | 0.0016±0.00040 |
| Cromo Total | mg/L | 0.1 | <0.0003 | <0.0003 | <0.0003 |
| Hierro Total | mg/L | 5 | 0.03965±0.0317 | 0.5302±0.0424 | 0.5468±0.0437 |
| Litio Total | mg/L | 2.5 | 0.0049±0.0004 | 0.0046±0.0004 | 0.0046±0.0004 |
| Magnesio Total | mg/L | 250 | 3.773±0.453 | 4.061±0.487 | 3.901±0.468 |
| Manganeso Total | mg/L | 0.2 | 0.16162±0.01131 | 0.15235±0.01066 | 0.15759±0.01103 |
| Mercurio Total | mg/L | 0.001 | <0.00009 | <0.00009 | <0.00009 |
| Níquel Total | mg/L | 0.2 | <0.0006 | <0.0006 | <0.0006 |
| Plomo Total | mg/L | 0.05 | <0.0006 | <0.0006 | <0.0006 |
| Selenio Total | mg/L | 0.02 | 0.0022±0.0005 | <0.0013 | <0.0013 |
| Zinc Total | mg/L | 2 | <0.0026 | 0.0034±0.0003 | 0.0027±0.0003 |
| Plata | mg/L | -- | <0.000010 | <0.000010 | <0.000010 |
| Estaño | mg/L | -- | <0.00010 | <0.00010 | <0.00010 |
| Antimonio | mg/L | -- | <0.00013 | <0.00013 | <0.00013 |
| Molibdeno | mg/L | -- | 0.00117±0.00027 | 0.00093±0.00021 | 0.00124±0.00029 |

Nota: En el cuadro se muestran los valores de los parámetros analizados, de los cuales ninguno sobrepasa los ECA-agua

- De los resultados de la tabla 13 y la tabla 14, se verifica que los resultados del monitoreo de la calidad de agua en los puntos RCAJ 02 y RCAJ 03 tienen variaciones de valor con respecto al punto de monitoreo inicial RCAJ 01, en la temporada de estiaje y de avenida, además estos valores se encuentran dentro de los límites de detección de los ECA para agua; excepto el parámetro Manganeso en la época de estiaje, el cual sobrepasa los ECA para agua en sus 3 puntos de monitoreo.

En las siguientes tablas se presentan los porcentajes de variación en cada temporada, tomando en consideración la incertidumbre obtenida por el laboratorio SGS.

Tabla 15

Porcentaje de variación de parámetros en temporada de estiaje

| Parámetro | % variación | % variación |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|
| | RCAJ 02 - RCAJ 01 | RCAJ 03 - RCAJ 01 |
| Análisis de campo | | |
| Conductividad | 0% | 0% |
| Medición de Caudal | 11% | 57% |
| Oxígeno Disuelto. | 0% | 0% |
| Potencial de Hidrógeno. | 0% | 0% |
| Temperatura | 0% | 0% |
| Análisis fisicoquímicos | | |
| Aceites y Grasas | 0% | 0% |
| Amonio | 0% | 0% |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | 0% | 0% |
| Demanda Química de Oxígeno | 0% | 0% |
| Aniones | | |
| Nitrato | 0% | 0% |
| Nitrito | 0% | 0% |
| Sulfato | 0% | 0% |
| Análisis Microbiológico | | |
| Numeración de <i>Escherichia Coli</i> | 0% | 0% |
| Metales Totales | | |
| Aluminio Total | 0% | -24% |
| Arsénico Total | -27% | -16% |
| Bario Total | 0% | 0% |
| Berilio Total | 0% | 0% |
| Boro Total | 0% | 0% |
| Cadmio Total | 0% | 0% |
| Cobalto Total | 0% | 0% |
| Cobre Total | 0% | 0% |
| Cromo Total | 0% | 0% |
| Hierro Total | -1% | -21% |
| Litio Total | 0% | 0% |
| Magnesio Total | 0% | 0% |
| Manganeso Total | 0% | 0% |
| Mercurio Total | 0% | 0% |

| Parámetro | % variación | % variación |
|---------------|-------------------|-------------------|
| | RCAJ 02 - RCAJ 01 | RCAJ 03 - RCAJ 01 |
| Níquel Total | 0% | 0% |
| Plomo Total | 0% | 0% |
| Selenio Total | 0% | 0% |
| Zinc Total | -6% | -24% |
| Plata | 0% | 0% |
| Estaño | 0% | 0% |
| Antimonio | 0% | 0% |
| Molibdeno | 0% | 0% |

Tabla 16

Porcentaje de variación de parámetros en temporada de avenida

| Parámetro | % variación | % variación |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|
| | RCAJ 02 - RCAJ 01 | RCAJ 03 - RCAJ 01 |
| Análisis de campo | | |
| Conductividad | 0% | 0% |
| Medición de Caudal | 4% | 8% |
| Oxígeno Disuelto. | 0% | 0% |
| Potencial de Hidrógeno. | 0% | 0% |
| Temperatura | 0% | 0% |
| Análisis fisicoquímicos | | |
| Aceites y Grasas | 0% | 0% |
| Amonio | 0% | 0% |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | 0% | 0% |
| Demanda Química de Oxígeno | 0% | 0% |
| Aniones | | |
| Nitrato | 0% | 0% |
| Nitrito | 0% | 0% |
| Sulfato | 0% | 0% |
| Análisis Microbiológico | | |
| Numeración de <i>Escherichia Coli</i> | 0% | 0% |
| Metales Totales | | |
| Aluminio Total | 99% | 54% |
| Arsénico Total | 1030% | 3320% |

| Parámetro | % variación | % variación |
|-----------------|-------------------|-------------------|
| | RCAJ 02 - RCAJ 01 | RCAJ 03 - RCAJ 01 |
| Bario Total | 0% | 0% |
| Berilio Total | 0% | 0% |
| Boro Total | 0% | 0% |
| Cadmio Total | 0% | 0% |
| Cobalto Total | 0% | 0% |
| Cobre Total | 0% | 0% |
| Cromo Total | 0% | 0% |
| Hierro Total | 34% | 38% |
| Litio Total | 0% | 0% |
| Magnesio Total | 0% | 0% |
| Manganeso Total | 0% | 0% |
| Mercurio Total | 0% | 0% |
| Níquel Total | 0% | 0% |
| Plomo Total | 0% | 0% |
| Selenio Total | -41% | -41% |
| Zinc Total | 31% | 4% |
| Plata | 0% | 0% |
| Estaño | 0% | 0% |
| Antimonio | 0% | 0% |
| Molibdeno | 0% | 0% |

- De los datos de las tablas 15 y 16, se verifica que en la época de estiaje los valores disminuyen en los parámetros aluminio, arsénico, hierro y zinc; y contrariamente en la época de avenida los valores aumentan en los parámetros aluminio, arsénico, hierro y zinc.

Objetivo específico 1: Determinar si los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros físicos-químicos (aceites y grasas, conductividad eléctrica, DBO5, DQO, nitritos, nitratos, oxígeno disuelto, sulfatos, PH, temperatura y caudal) y si los parámetros analizados cumplen con los ECA para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM de calidad de agua, en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021.

Hipótesis específica 1: Los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros físicos-químicos (aceites y grasas, conductividad eléctrica, DBO5, DQO, nitritos, nitratos, oxígeno disuelto, sulfatos, PH, temperatura y caudal) y los parámetros analizados

no cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM, en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021.

- De la tabla 17 y la tabla 18, se aprecia las variaciones de valor de los parámetros físicos-químicos en los puntos RCAJ 02 y RCAJ 03 con respecto al punto de monitoreo inicial RCAJ 01, en la temporada de avenida.

En las siguientes tablas se presentan los porcentajes de variación en cada temporada.

Tabla 17

Porcentaje de variación de parámetros físicos - químicos en temporada de estiaje

| Parámetros físicos-químicos | % variación RCAJ 02 - | % variación RCAJ 03 - |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | RCAJ 01 | RCAJ 01 |
| Conductividad | 0% | 0% |
| Medición de Caudal | 11% | 57% |
| Oxígeno Disuelto. | 0% | 0% |
| Potencial de Hidrógeno. | 0% | 0% |
| Temperatura | 0% | 0% |
| Aceites y Grasas | 0% | 0% |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | 0% | 0% |
| Demanda Química de Oxígeno | 0% | 0% |
| Nitrato | 0% | 0% |
| Nitrito | 0% | 0% |
| Sulfato | 0% | 0% |

Tabla 18

Porcentaje de variación de parámetros físicos - químicos en temporada de avenida

| Parámetro | % variación RCAJ 02 - | % variación RCAJ 03 - |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| | RCAJ 01 | RCAJ 01 |
| Conductividad | 0% | 0% |
| Medición de Caudal | 4% | 8% |

| Parámetro | % variación RCAJ 02 - | % variación RCAJ 03 - |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | RCAJ 01 | RCAJ 01 |
| Oxígeno Disuelto. | 0% | 0% |
| Potencial de Hidrógeno. | 0% | 0% |
| Temperatura | 0% | 0% |
| Aceites y Grasas | 0% | 0% |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | 0% | 0% |
| Demanda Química de Oxígeno | 0% | 0% |
| Nitrato | 0% | 0% |
| Nitrito | 0% | 0% |
| Sulfato | 0% | 0% |

- De los datos de las tablas 17 y 18, se verifica que en la época de estiaje y avenida los valores de los parámetros físicos-químicos no tiene variación, y todos cumplen con los ECA para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM de calidad de agua.

Objetivo específico 2: Determinar si los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros inorgánicos (Aluminio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobre, cobalto, manganeso, mercurio, níquel, plomo, selenio, zinc, plata, estaño, hierro, litio, magnesio, antimonio, molibdeno, amonio, y cromo) y si los parámetros analizados cumplen con los ECA para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM de calidad de agua, en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021.

Hipótesis específica 2: Los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros inorgánicos (Aluminio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobre, cobalto, manganeso, mercurio, níquel, plomo, selenio, zinc, plata, estaño, hierro, litio, magnesio, antimonio, molibdeno, amonio, y cromo) y los parámetros analizados no cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM, en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021.

De la tabla 19 y la tabla 20, se aprecia las variaciones de valor de los parámetros inorgánicos en los puntos RCAJ 02 y RCAJ 03 con respecto al punto de monitoreo inicial RCAJ 01, en la temporada de estiaje y de avenida.

En las siguientes tablas se presentan los porcentajes de variación en cada temporada.

Tabla 19

Porcentaje de variación de parámetros inorgánicos en temporada de estiaje

| Parámetros inorgánicos | % variación RCAJ | |
|------------------------|------------------|--------------|
| | 02 - RCAJ 01 | 03 - RCAJ 01 |
| Aluminio Total | 0% | -24% |
| Arsénico Total | -27% | -16% |
| Bario Total | 0% | 0% |
| Berilio Total | 0% | 0% |
| Boro Total | 0% | 0% |
| Cadmio Total | 0% | 0% |
| Cobalto Total | 0% | 0% |
| Cobre Total | 0% | 0% |
| Cromo Total | 0% | 0% |
| Hierro Total | -1% | -21% |
| Litio Total | 0% | 0% |
| Magnesio Total | 0% | 0% |
| Manganeso Total | 0% | 0% |
| Mercurio Total | 0% | 0% |
| Níquel Total | 0% | 0% |
| Plomo Total | 0% | 0% |
| Selenio Total | 0% | 0% |
| Zinc Total | -6% | -24% |
| Plata | 0% | 0% |
| Estaño | 0% | 0% |
| Antimonio | 0% | 0% |
| Molibdeno | 0% | 0% |
| Amonio | 0% | 0% |

Tabla 20

Porcentaje de variación de parámetros inorgánicos en temporada de avenida

| Parámetros inorgánicos | % variación RCAJ | % variación RCAJ |
|------------------------|------------------|------------------|
| | 02 - RCAJ 01 | 03 - RCAJ 01 |
| Aluminio Total | 99% | 54% |
| Arsénico Total | 1030% | 3320% |
| Bario Total | 0% | 0% |
| Berilio Total | 0% | 0% |
| Boro Total | 0% | 0% |
| Cadmio Total | 0% | 0% |
| Cobalto Total | 0% | 0% |
| Cobre Total | 0% | 0% |
| Cromo Total | 0% | 0% |
| Hierro Total | 34% | 38% |
| Litio Total | 0% | 0% |
| Magnesio Total | 0% | 0% |
| Manganeso Total | 0% | 0% |
| Mercurio Total | 0% | 0% |
| Níquel Total | 0% | 0% |
| Plomo Total | 0% | 0% |
| Selenio Total | -41% | -41% |
| Zinc Total | 31% | 4% |
| Plata | 0% | 0% |
| Estaño | 0% | 0% |
| Antimonio | 0% | 0% |
| Molibdeno | 0% | 0% |
| Amonio | 0% | 0% |

- De los datos de las tablas 19 y 20, se verifica que en la época de estiaje los valores disminuyen en los parámetros aluminio, arsénico, hierro y zinc; y contrariamente en la época de avenida los valores aumentan en los parámetros aluminio, arsénico, hierro y zinc.

Objetivo específico 3: Determinar si los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros microbiológicos (*Escherichia coli*) y si los parámetros analizados cumplen con los ECA para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM de calidad de agua, en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021.

Hipótesis específica 3: Los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros microbiológicos (*Escherichia coli*) y los parámetros analizados no cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM, en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021.

- De la tabla 21 y la tabla 22, se aprecia que no hay variaciones de valor de los parámetros microbiológicos en los puntos RCAJ 02 y RCAJ 03 con respecto al punto de monitoreo inicial RCAJ 01, en la temporada de estiaje y de avenida.
En las siguientes tablas se presentan los porcentajes de variación en cada temporada.

Tabla 21

Porcentaje de variación de parámetros microbiológicos en temporada de estiaje

| Parámetro microbiológico | % variación RCAJ | % variación RCAJ |
|---------------------------------------|------------------|------------------|
| | 02 - RCAJ 01 | 03 - RCAJ 01 |
| Numeración de <i>Escherichia Coli</i> | 0% | 0% |

Tabla 22

Porcentaje de variación de parámetros microbiológicos en temporada de avenida

| Parámetro microbiológico | % variación RCAJ | % variación RCAJ |
|---------------------------------------|------------------|------------------|
| | 02 - RCAJ 01 | 03 - RCAJ 01 |
| Numeración de <i>Escherichia Coli</i> | 0% | 0% |

- De los datos de las tablas 21 y 22, se verifica que en la época de estiaje y avenida los valores de los parámetros microbiológicos no tienen variaciones.

VI. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VI.I DISCUSIÓN

- De acuerdo al estudio realizado, se verifica que los valores de los resultados obtenidos en la temporada de estiaje en los puntos de monitoreo RCAJ02 Y RCAJ03 tienen variaciones positivas respecto al punto inicial RCAJ01, sin embargo, en la temporada de avenida las variaciones son negativas, pero no sobrepasan los límites de detección de los ECA para agua aprobado por el D.S 004-2017-MINAM, contradiciendo lo indicado en la investigación realizada por De León et al. (2016), donde se evidenció un impacto negativo en la calidad del agua superficial y del agua subterránea de acuerdo a normas ambientales nacionales e internacionales. Así mismo identificaron altas concentraciones de NO₃, Pb, Mn y Fe en el agua subterránea y en escurrimientos superficiales, por lo tanto, en la temporada de estiaje el agua aportante superficial (quebrada Chilca) y subterránea proveniente de zona de influencia directa del relleno sanitario de Cajamarca no aportan ningún contaminante que produzca alguna variación negativa sino por lo contrario, al mezclarse con el río Cajamarquino origina una disminución en la cantidad de algunos parámetros, y con respecto a la temporada de avenida si se evidencia el aumento de algunos parámetros, debido a que el agua de las lluvias entran en contacto con las áreas impactadas del relleno sanitario y el flujo de estas aguas van a la quebrada Chilca y luego al río Cajamarquino.
- Con respecto a los parámetros físicos-químicos, se verifica que los valores de los resultados obtenidos en la temporada de estiaje y avenida en los puntos de monitoreo RCAJ02 Y RCAJ03 no tienen variaciones respecto al punto inicial RCAJ01, además estos valores no sobrepasan los límites de detección de los ECA para agua aprobado por el D.S 004-2017-MINAM, contradiciendo lo indicado en la investigación realizada por Cedeño (2015), donde se evidenció que a pesar que ya las aguas del estero presentan ciertos niveles de contaminación, los lixiviados afectan negativamente su calidad, por lo tanto, de los resultados obtenidos en el estudio se puede indicar que los parámetros físicos - químicos no se ven influenciados por los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca, posiblemente por la distancia que se encuentra del río Cajamarquino.
- Con respecto a los parámetros de metales pesados, se verifica que los valores de los resultados obtenidos en la temporada de avenida en los puntos de monitoreo RCAJ02 Y RCAJ03 tienen variaciones respecto al punto inicial RCAJ01, en los parámetros aluminio, arsénico, hierro y zinc, sin embargo, estos valores no sobrepasan los límites de detección de los ECA para agua aprobado por el D.S 004-2017-MINAM,,

contradiendo lo indicado en la investigación realizada por De León et al. (2016), donde se evidenció un impacto negativo en la calidad del agua superficial y del agua subterránea de acuerdo a normas ambientales nacionales e internacionales. Así mismo identificaron altas concentraciones de NO_3 , Pb, Mn y Fe en el agua subterránea y en escurrimientos superficiales; el incremento de los parámetros aluminio, arsénico, hierro y zinc, por lo tanto, los resultados del estudio nos indica una influencia de los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca en las aguas del río Cajamarquino, pero en una magnitud no significativa ya que no superan los valores límites de detección indicada en los estándares de calidad ambiental para agua, categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales aprobada por el Decreto Supremo n°004-2017-MINAM.

- Con respecto a los parámetros microbiológicos, se verifica que los valores de los resultados obtenidos en la temporada de estiaje y avenida, en los puntos de monitoreo RCAJ02 Y RCAJ03 no tienen variaciones respecto al punto inicial RCAJ01, además estos valores no sobrepasan los límites de detección de los ECA para agua aprobado por el D.S 004-2017-MINAM, contradiciendo lo indicado en el estudio realizado por Cristancho et al. (2020), donde se evidenció que los rellenos sanitarios de Colombia no cumplen con los límites permisibles de vertimiento de lixiviados generando impactos negativos en algunos cuerpos de agua, por lo tanto, de los resultados del estudio se puede indicar que la distancia del relleno sanitario de Cajamarca con respecto al río cajamarquino es un condicionante que evita la contaminación por lixiviados.

VI.II CONCLUSIONES

- Los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan negativamente en la calidad del agua del río Cajamarquino, debido a que el río Cajamarquino recorre las zonas aledañas del relleno sanitario y tiene un afluente el cual pasa por el mismo relleno sanitario, pero el impacto no genera que los valores de los parámetros de calidad del río Cajamarquino sobrepasen los límites de detección de los ECA para agua aprobado por el D.S 004-2017-MINAM, en tal sentido el impacto no es significativo.
- Los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca no impactan en los parámetros físicos-químicos (aceites y grasas, conductividad eléctrica, DBO5, DQO, nitritos, nitratos, oxígeno disuelto, sulfatos, PH, temperatura y caudal) de calidad de agua del río Cajamarquino, a pesar que el río Cajamarquino recorre las zonas aledañas del relleno sanitario y tiene un afluente el cual pasa por el mismo relleno sanitario, además

se verifica que los parámetros analizados cumplen con los ECA para agua aprobado por el D.S 004-2017-MINAM.

- Los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros inorgánicos (Aluminio, arsénico, zinc y hierro) de calidad de agua del río Cajamarquino, debido a que el río Cajamarquino recorre las zonas aledañas del relleno sanitario y tiene un afluente el cual pasa por el mismo relleno sanitario, pero el impacto no genera que los valores de los parámetros de calidad del río Cajamarquino sobrepasen los límites de detección de los ECA para agua aprobado por el D.S 004-2017-MINAM, en tal sentido el impacto no es significativo.
- Los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca no impactan en los parámetros microbiológicos (escherichia coli) de calidad de agua del río Cajamarquino, a pesar que el río Cajamarquino recorre las zonas aledañas del relleno sanitario y tiene un afluente el cual pasa por el mismo relleno sanitario, además los parámetros analizados cumplen con los ECA para agua aprobado por el D.S 004-2017-MINAM.
- La calidad de agua del río Cajamarquino no cumple con el límite de detección de los estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales aprobada por el Decreto Supremo n°004-2017-MINAM; en el parámetro Manganeseo en la temporada de estiaje, pero si cumple con los ECA en todos sus parámetros en la temporada de avenida, en tal sentido el agua del río Cajamarquino en la época de estiaje llega a la zona de estudio impactada significativamente en el parámetro mencionado debido a algún aporte que ocurre durante su recorrido.

VI.II RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda que, pese a que el impacto negativo de la calidad del río Cajamarquino producto de los lixiviados no es significativo, la administración del relleno sanitario de Cajamarca debe asegurar el correcto funcionamiento de los controles ambientales de contención de los lixiviados y así prevenir que el impacto aumente, por ende deben cumplir con los controles y monitoreos indicados en su instrumento ambiental, y realizar la expansión del relleno sanitario con los permisos y controles correspondientes según la legislación ambiental vigente.
- Se recomienda que, dentro de los controles ambientales del relleno sanitario, en su plan de monitoreo, se adicione el de las aguas del río Cajamarquino, de manera se de seguimiento a la calidad de estas aguas que abastece a las comunidades aledañas.

- Se recomienda que se realice la detección del suceso que esta provocando que el parámetro Manganeseo del rio Cajamarquino en la época de estiaje se encuentre por encima del valor del límite de detección de los estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua categoría 3, para su control inmediato ya que estas aguas son usadas por la población Cajamarquina.

VII. Referencia bibliográfica

- Alves, H., Thode, S., Vidal, D. & Costa, M. (2018). La evaluación del impacto potencial de los lixiviados de relleno sanitario sobre organismos acuáticos. *En revista Gaia scientia*. pp.109 – 116.
- Aquino, L. (2019). *Evaluación del potencial hídrico del río Cajamarquino con fines de regulaciones futuras*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
- Aquino, P. (2017). *CALIDAD DEL AGUA EN EL PERÚ Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales*. Lima: DAR
- Arias, J., Villasis, M. & Miranda, M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *En revista Alergia México*. pp. 201 – 206.
- Austria. Gaceta de leyes federales (2021). *BGBI. II n° 39/2008 Regulación legal completa para la Ordenanza sobre Rellenos Sanitarios, versión del 25 de mayo de 2021*. Recuperado de <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20005653>
- Cedeño, R. (2015). *Los lixiviados del relleno de residuos sólidos y sus efectos en la calidad del agua del Estero Tonto Mal, Cantón la Maná*. (Tesis magistral). Escuela de Posgrado. Universidad técnica estatal de Quevedo, Ecuador.
- Chávez, M. (19 de noviembre del 2020). *Mashcón, el río cajamarquino que se ahoga en la basura*, Agroperu, Lima. Recuperado de <https://www.agroperu.pe/noticias/mashcon-el-rio-cajamarquino-que-se-ahoga-en-basura/>
- Cristancho, D., Torres, A. & Lobatón, J. (2020). Análisis comparativo del impacto al recurso hídrico generado en los principales rellenos sanitarios en Colombia. *En revista Research article*. pp. 25 – 45. doi.org/10.21789/22561498.1601
- De León, H., Cruz, C. & Dávila, R. (2016). La contaminación del acuífero de grietas por infiltración de los lixiviados del relleno sanitario de Linares, México; y su impacto en la calidad del agua subterránea para usos domésticos, agrícolas y ganaderos. *En congreso internacional de investigación e innovación*.

- Gómez, J., Gonzales, E. & Morales, I. (2018). *La percolación de lixiviados y contaminación de aguas subterráneas; el objetivo de la investigación fue analizar como ocurre la contaminación de aguas subterráneas debido a la percolación de lixiviados.* (Tesis de pregrado). Universidad cooperativa de Colombia.
- Gonzales, J. (2018). *Evaluación del riesgo ambiental que genera la planta de tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca debido al manejo de los lixiviados.* (Tesis doctoral). Escuela de Posgrado. Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Guzman, I. (20 de agosto de 2017). *Ministerio del ambiente: Hay un déficit de 246 rellenos sanitarios.* Correo, Lima. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/peru/ministerio-del-ambiente-hay-un-deficit-de-246-rellenos-sanitarios-768692/>
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, C. (2014). *Metodología de la investigación.* (6.ª ed.). México: Interamericana editores.
- Ley N° 28611 – MINAM, *Ley general del ambiente* (octubre 13, 2005). Art. 31: “Del Estándar de Calidad Ambiental”. Congreso de la República del Perú. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>
- Manzo, F., Leal, L., Peláez, A., Carrillo, J. & Sánchez-Yáñez, J. (2006). *El impacto negativo sobre la salud humana de los Rellenos Sanitarios Húmedos.* Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/339068121_El_impacto_negativo_sobre_la_salud_humana_de_los_Rellenos_Sanitarios_Humedos
- Marín Ruiz, K. y Sangay Huaccha, J. (2020). *Estudio hidrogeológico mediante tomografía geoelectrica para la localización de aguas subterráneas en el centro poblado la Huaraclla – Jesús - Cajamarca 2020.* (Tesis de pregrado). Escuela de post grado. Universidad Privada del Norte. Perú.
- Martínez, A., Padrón, W., Rodríguez, O, Chiquito, O, Escarola, M., Hernández, J., Elvira, E., Méndez, G., Tinoco, J., Martínez, J. (2014). Alternativas actuales del manejo de lixiviados. En *Revistas Científicas de América Latina. Avances en Química*, vol. 9, pp.37-47.
- MINAM. (2010). *Guía de evaluación de riesgos ambientales.* Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2759-guia-para-evaluacion-de-riesgos-ambientales>

OMS. (2018). *Guías para la calidad del agua consumo humano*.

Montalvo, J. & Quispe, M. (2018). *La contaminación del agua superficial por lixiviados del relleno sanitario*. (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Perú

Organización de las Naciones Unidas (2000). *Programa 21*. Editorial de las Naciones Unidas. Recuperado de <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter21.htm>

Perú. Autoridad Nacional del agua (2018). *Resolución jefatural n°056-2018-ANA*. Aprueban la clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales. Recuperado de <https://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-056-2018-ana>

Perú. Ministerio del Ambiente (2020). *Informe de supervisión n° 015-2020-OEFA/DSIS-CRES*. Resultados de la supervisión regular realizada el 12 de noviembre de 2019 a la infraestructura de recuperación, tratamiento y disposición final de residuos sólidos de titularidad de la Municipalidad provincial de Cajamarca. Recuperado de <http://datosabiertos.oefa.gob.pe/home>

Perú. Ministerio del Ambiente (2017). *Decreto Supremo n° 004-2017-MINAM*. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>

Perú. Ministerio del ambiente (2016). *Resolución jefatural n°010-2016-MINAM*. Aprueban el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-protocolo-nacional-monitoreo-calidad-recursos-hidricos#:~:text=Resoluci%C3%B3n%20Jefatural%20N%C2%B0%20010,de%20los%20Recursos%20H%C3%ADricos%20Superficiales%22&text=Se%20aprueba%20el%20%E2%80%9CProtocolo%20Nacional,integrante%20de%20la%20presente%20resoluci%C3%B3n.>

Perú. Ministerio de salud (2009). *Resolución Directorial n° 0911/2009/DIGESA/SA*: Aprobación del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto: Recuperación, tratamiento y disposición final de residuos sólidos en Cajamarca. Recuperado de <http://datosabiertos.oefa.gob.pe/home>

Quispe, R. & Salas, S. (2017). *Variación del índice de calidad de agua y biota acuática por la presencia de lixiviados en el río Jaquira-Cusco*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Antonio Abad, Perú.

Renou, S., Givaudan, J.G., Poulain, S., Dirassouyan, F. & Moulin, P. (2007). Landfill leachate treatment: Review and opportunity. En *Journal of Hazardous Materials*, 468–493. doi: 10.1016/j.jhazmat.2007.09.077

Rojas, M. (2016). *Evaluación de la calidad físico-química de las fuentes de agua vertidos con lixiviados del botadero de residuos sólidos y sus efectos en la salud pública de la población de la zona periférica del botadero de Cancharani – Puno*. (tesis magistral). Escuela de posgrado. Universidad Nacional del Altiplano, Perú.

Vélez, M. (1999). *Hidráulica de aguas subterráneas*. Colombia.

VIII. Anexos

Anexo 01: Informe de ensayo de laboratorio MA2128045



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



INFORME DE ENSAYO MA2128045 Rev. 0

JORGE LUIS FLORIAN ZAVALETA

JR CAMILO BLAS 298 - CAJAMARCA

ENV / MO-351825-003

PROCEDENCIA : Río Cajamarquino, en el distrito de Jesús a 2.5 km. de distancia respecto al distrito

Fecha de Recepción SGS : 11-09-2021

Fecha de Ejecución : Del 11-09-2021 al 16-09-2021

Muestreo Realizado Por : Personal de Operaciones de SGS

| Estación de Muestreo |
|----------------------------|
| RCAJ 01 : RIO CAJAMARQUINO |
| RCAJ 02: RIO CAJAMARQUINO |
| RCAJ 03 : RIO CAJAMARQUINO |

Emitido por **SGS del Perú S.A.C.**

Impreso el **16/09/2021**

Jade C. Huarcaya Soto

C.B.P. 8471

Jefe de Oficina

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 1 de 7



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2128045 Rev. 0**

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | RCAJ 01 - RIO CAJAMARQUINO 9200962N / 787114E 10/09/2021 13:45:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO | RCAJ 02: RIO CAJAMARQUINO 9200489N / 787395E 10/09/2021 11:45:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO |
|---|--------------------|------------|----------|----------|--|---|
| FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA | | | | | | |
| Parámetro | Referencia | Unidad | LD | LC | Resultado ± Incertidumbre | Resultado ± Incertidumbre |
| Análisis de Campo | | | | | | |
| Conductividad | EW APHA2510B OPE | µS/cm | -- | -- | 965.00 ± 77.20 | 935.00 ± 74.80 |
| Temperatura | EW APHA2550B | °C | -- | -- | 19.00 ± 0.54 | 18.60 ± 0.54 |
| Potencial de Hidrógeno. | EW APHA4500HB OPE | pH | -- | -- | 8.38 ± 0.06 | 8.42 ± 0.06 |
| Medición de Caudal | EW ASTM3858 | m³/s | -- | -- | 0.44562 * | 0.49375 * |
| Oxígeno Disuelto. | EW ASTM888 | mg/L | -- | -- | 6.91 ± 0.17 | 6.80 ± 0.17 |
| Análisis Generales | | | | | | |
| Amonio | EW APHA4500NH3D CX | mg NH4/L | 0.005 | 0.012 | 3.471 ± 0.764 | 3.214 ± 0.707 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | EW APHA5210B CX | mg/L | 1.0 | 2.6 | <2.6 | <2.6 |
| Demanda Química de Oxígeno | EW APHA5220D CX | mgO2/L | 1.8 | 4.5 | 31.1 ± 8.1 | 33.7 ± 8.8 |
| Aceites y Grasas | EW ASTM3921 | mg/L | 0.2 | 0.4 | <0.4 | <0.4 |
| Aniones | | | | | | |
| Nitrato | EW EPA300 0 CX | mg/L | 0.018 | 0.062 | 5.736 ± 1.147 | 5.501 ± 1.100 |
| Nitrito | EW EPA300 0 CX | mg/L | 0.003 | 0.006 | 0.897 ± 0.251 | 0.758 ± 0.212 |
| Sulfato | EW EPA300 0 CX | mg/L | 0.01 | 0.03 | 139.54 ± 29.30 | 134.95 ± 28.34 |
| Análisis Microbiológicos | | | | | | |
| Numeración de Escherichia coli | EW APHA9221F CX | NMP/100 mL | -- | -- | <1.8 | <1.8 |
| Metales Totales | | | | | | |
| Aluminio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.001 | 0.003 | 0.500 ± 0.045 | 0.517 ± 0.047 |
| Antimonio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00004 | 0.00013 | <0.00013 | <0.00013 |
| Arsénico Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00010 | 0.00662 ± 0.00073 | 0.00485 ± 0.00053 |
| Bario Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | 0.1364 ± 0.0123 | 0.1317 ± 0.0119 |
| Berilio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | <0.00006 | <0.00006 |
| Bismuto Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00001 | 0.00003 | <0.00003 | <0.00003 |
| Boro Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.002 | 0.006 | 0.141 ± 0.017 | 0.139 ± 0.017 |
| Cadmio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00001 | 0.00003 | <0.00003 | <0.00003 |
| Calcio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.003 | 0.009 | 122.442 ± 12.244 | 118.047 ± 11.805 |
| Cerio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00008 | 0.00024 | 0.00037 ± 0.00003 | 0.00065 ± 0.00005 |
| Cesio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | 0.0010 ± 0.0003 | 0.0009 ± 0.0002 |
| Cobalto Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00001 | 0.00003 | 0.00099 ± 0.00009 | 0.00114 ± 0.00010 |
| Cobre Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00009 | 0.00164 ± 0.00041 | 0.00173 ± 0.00043 |
| Cromo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | <0.0003 | <0.0003 |
| Estaño Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00010 | <0.00010 | <0.00010 |
| Estroncio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | 0.7705 ± 0.0693 | 0.7733 ± 0.0696 |
| Fósforo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.015 | 0.047 | 0.457 ± 0.128 | 0.411 ± 0.115 |
| Gaio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00004 | 0.00012 | 0.00013 ± 0.00001 | 0.00018 ± 0.00001 |
| Germanio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | 0.0006 ± 0.0002 | <0.0006 |
| Hafnio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00005 | 0.00015 | <0.00015 | <0.00015 |
| Hierro Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0004 | 0.0013 | 0.7712 ± 0.0617 | 0.7630 ± 0.0610 |
| Lantano Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0005 | 0.0015 | <0.0015 | <0.0015 |
| Litio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | 0.0152 ± 0.0014 | 0.0153 ± 0.0014 |
| Lutecio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | <0.00006 | <0.00006 |
| Magnesio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.001 | 0.003 | 15.871 ± 1.905 | 15.306 ± 1.837 |
| Manganeso Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00010 | 0.51156 ± 0.03581 | 0.50204 ± 0.03514 |
| Mercurio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00009 | <0.00009 | <0.00009 |
| Molibdeno Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | 0.00164 ± 0.00038 | 0.00161 ± 0.00037 |
| Niobio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0005 | 0.0015 | <0.0015 | <0.0015 |
| Niquel Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | 0.0008 ± 0.0002 | 0.0011 ± 0.0003 |
| Plata Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.000003 | 0.000010 | <0.000010 | <0.000010 |
| Plomo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | 0.0006 ± 0.0001 | <0.0006 |
| Potasio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.04 | 0.13 | 12.84 ± 1.03 | 12.30 ± 0.98 |
| Rubidio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0003 | 0.0009 | 0.0099 ± 0.0010 | 0.0096 ± 0.0010 |
| Selenio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0004 | 0.0013 | <0.0013 | <0.0013 |
| Silice Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.09 | 0.27 | 27.10 * ± 3.25 | 26.48 * ± 3.18 |
| Silicio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.04 | 0.13 | 12.67 ± 1.52 | 12.38 ± 1.49 |
| Sodio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.006 | 0.019 | 56.395 ± 6.203 | 55.555 ± 6.111 |
| Talio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | <0.00006 | <0.00006 |
| Tantalo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0007 | 0.0021 | <0.0021 | <0.0021 |
| Teluro Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.001 | 0.003 | <0.003 | <0.003 |
| Torio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00006 | 0.00019 | <0.00019 | <0.00019 |
| Titanio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | 0.0266 ± 0.0035 | 0.0166 ± 0.0022 |
| Uranio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.000003 | 0.000010 | 0.001053 ± 0.000221 | 0.001009 ± 0.000212 |
| Vanadio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | <0.0003 | <0.0003 |
| Wolframio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | 0.0013 ± 0.0002 | 0.0013 ± 0.0002 |
| Yterbio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | <0.00006 | <0.00006 |
| Zinc Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0008 | 0.0026 | 0.0034 ± 0.0003 | 0.0032 ± 0.0003 |
| Zirconio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00015 | 0.00045 | <0.00045 | <0.00045 |

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 2 de 7



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2128045 Rev. 0**

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | RCAJ 03 : RIO CAJAMARQUINO 9200063N / 787909E 10/09/2021 10:20:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO |
|---------------------------------|--------------------|------------|----------|----------|--|
| Parámetro | Referencia | Unidad | LD | LC | Resultado ± Incertidumbre |
| Análisis de Campo | | | | | |
| Conductividad | EW APHA2510B OPE | µS/cm | -- | -- | 943.00 ± 75.44 |
| Temperatura | EW APHA2550B | °C | -- | -- | 18.40 ± 0.54 |
| Potencial de Hidrógeno. | EW APHA4500HB OPE | pH | -- | -- | 8.41 ± 0.06 |
| Medición de Caudal | EW ASTM3858 | m³/s | -- | -- | 0.70100 * |
| Oxígeno Disuelto | EW ASTM888 | mg/L | -- | -- | 6.85 ± 0.17 |
| Análisis Generales | | | | | |
| Amonio | EW APHA4500NH3D CX | mg NH4/L | 0.005 | 0.012 | 3.343 ± 0.735 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | EW APHA5210B CX | mg/L | 1.0 | 2.6 | <2.6 |
| Demanda Química de Oxígeno | EW APHA5220D CX | mgO2/L | 1.8 | 4.5 | 31.1 ± 8.1 |
| Aceites y Grasas | EW ASTM3921 | mg/L | 0.2 | 0.4 | <0.4 |
| Aniones | | | | | |
| Nitrato | EW EPA300 0 CX | mg/L | 0.018 | 0.062 | 5.443 ± 1.089 |
| Nitrito | EW EPA300 0 CX | mg/L | 0.003 | 0.006 | 0.717 ± 0.201 |
| Sulfato | EW EPA300 0 CX | mg/L | 0.01 | 0.03 | 155.07 ± 32.56 |
| Análisis Microbiológicos | | | | | |
| Numeración de Escherichia coli | EW APHA9221F CX | NMP/100 mL | -- | -- | <1.8 |
| Metales Totales | | | | | |
| Aluminio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.001 | 0.003 | 0.380 ± 0.034 |
| Antimonio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00004 | 0.00013 | <0.00013 |
| Arsénico Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00010 | 0.00555 ± 0.00061 |
| Bario Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | 0.1304 ± 0.0117 |
| Berilio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | <0.00006 |
| Bismuto Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00001 | 0.00003 | <0.00003 |
| Boro Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.002 | 0.006 | 0.140 ± 0.017 |
| Cadmio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00001 | 0.00003 | <0.00003 |
| Calcio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.003 | 0.009 | 120.105 ± 12.011 |
| Ceño Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00008 | 0.00024 | 0.00034 ± 0.00003 |
| Cesio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | 0.0009 ± 0.0002 |
| Cobalto Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00001 | 0.00003 | 0.00081 ± 0.00007 |
| Cobre Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00009 | 0.00150 ± 0.00038 |
| Cromo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | <0.0003 |
| Estaño Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00010 | <0.00010 |
| Estroncio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | 0.7812 ± 0.0703 |
| Fósforo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.015 | 0.047 | 0.398 ± 0.111 |
| Galio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00004 | 0.00012 | <0.00012 |
| Germanio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | <0.0006 |
| Hafnio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00005 | 0.00015 | <0.00015 |
| Hierro Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0004 | 0.0013 | 0.6060 ± 0.0485 |
| Lantano Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0005 | 0.0015 | <0.0015 |
| Litio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | 0.0152 ± 0.0014 |
| Lutecio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | <0.00006 |
| Magnesio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.001 | 0.003 | 15.635 ± 1.876 |
| Manganeso Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00010 | 0.44239 ± 0.03097 |
| Mercurio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00009 | <0.00009 |
| Molibdeno Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | 0.00174 ± 0.00040 |
| Niobio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0005 | 0.0015 | <0.0015 |
| Niquel Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | 0.0012 ± 0.0003 |
| Plata Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.000003 | 0.000010 | <0.000010 |
| Plomo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | <0.0006 |
| Potasio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.04 | 0.13 | 12.75 ± 1.02 |
| Rubidio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0003 | 0.0009 | 0.0096 ± 0.0010 |
| Selenio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0004 | 0.0013 | <0.0013 |
| Silice Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.09 | 0.27 | 26.30 ± 3.16 |
| Silicio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.04 | 0.13 | 12.29 ± 1.47 |
| Sodio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.006 | 0.019 | 57.241 ± 6.297 |
| Talio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | <0.00006 |
| Tantalio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0007 | 0.0021 | <0.0021 |
| Teluro Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.001 | 0.003 | <0.003 |
| Thorio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00006 | 0.00019 | <0.00019 |
| Titanio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | 0.0131 ± 0.0017 |
| Uranio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.000003 | 0.000010 | 0.001030 ± 0.000216 |
| Vanadio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | <0.0003 |
| Wolframio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | 0.0014 ± 0.0002 |
| Yterbio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | <0.00006 |
| Zinc Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0008 | 0.0026 | <0.0026 |
| Zirconio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00015 | 0.00045 | <0.00045 |

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 3 de 7



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2128045 Rev. 0**

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

En el caso de análisis de campo la fecha de ejecución del mismo corresponde a la fecha de muestreo.

(*). Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 4 de 7

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348

Ernesto Gunther 275

Jr. Arnaldo Márquez

Callao t

Parque Industrial

Ba. San Antonio

Callao t

Arequipa t (054) 213 506

Cajamarca t (076) 366 092

www.sgs.pe

Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2128045 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

| Parámetro | Unidad | LC | MB | DUP %RPD | LCS %Recovery | MS %Recovery | MSD %RPD |
|-------------------------------|----------|----------|-----------|----------|---------------|--------------|----------|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 2.6 | <2.6 | 0 - 2% | 102 - 103% | | |
| Aluminio Total | mg/L | 0.003 | <0.003 | 0 - 3% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Antimonio Total | mg/L | 0.00013 | <0.00013 | 0% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Arsénico Total | mg/L | 0.00010 | <0.00010 | 0% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Bario Total | mg/L | 0.0003 | <0.0003 | 1 - 2% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Berilio Total | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 1 - 3% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Bismuto Total | mg/L | 0.00003 | <0.00003 | 0% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Boro Total | mg/L | 0.006 | <0.006 | 0% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Cadmio Total | mg/L | 0.00003 | <0.00003 | 0 - 2% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Calcio Total | mg/L | 0.009 | <0.009 | 0 - 3% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Cerio Total | mg/L | 0.00024 | <0.00024 | 0 - 2% | 92 - 113% | 91% | 2% |
| Cesio Total | mg/L | 0.0003 | <0.0003 | 1 - 2% | 92 - 98% | 91% | 0% |
| Cobalto Total | mg/L | 0.00003 | <0.00003 | 0 - 2% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Cobre Total | mg/L | 0.00009 | <0.00009 | 0 - 2% | 92 - 108% | 95% | 1% |
| Cromo Total | mg/L | 0.0003 | <0.0003 | 0% | 92 - 108% | 97% | 8% |
| Estaño Total | mg/L | 0.00010 | <0.00010 | 0% | 92 - 108% | 95% | 5% |
| Estroncio Total | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0 - 1% | 92 - 108% | 96% | 1% |
| Fósforo Total | mg/L | 0.047 | <0.047 | 0% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Galio Total | mg/L | 0.00012 | <0.00012 | 0% | 92 - 108% | 98% | 1% |
| Germanio Total | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0 - 5% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Hafnio Total | mg/L | 0.00015 | <0.00015 | 0% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Hierro Total | mg/L | 0.0013 | <0.0013 | 0 - 8% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Lantano Total | mg/L | 0.0015 | <0.0015 | 0 - 1% | 92 - 108% | 92% | 2% |
| Liño Total | mg/L | 0.0003 | <0.0003 | 0 - 1% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Lutecio Total | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 1% | 92 - 108% | 105% | 1% |
| Magnesio Total | mg/L | 0.003 | <0.003 | 0 - 2% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Manganeso Total | mg/L | 0.00010 | <0.00010 | 0% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Mercurio Total | mg/L | 0.00009 | <0.00009 | 1% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Molibdeno Total | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 0 - 3% | 92 - 108% | 92% | 3% |
| Niobio Total | mg/L | 0.0015 | <0.0015 | 0% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Níquel Total | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0 - 2% | 92 - 108% | 94% | 9% |
| Plata Total | mg/L | 0.000010 | <0.000010 | 0% | 92 - 110% | 91% | 3% |
| Plomo Total | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Potasio Total | mg/L | 0.13 | <0.13 | 0 - 3% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Rubidio Total | mg/L | 0.0009 | <0.0009 | 0% | 92 - 108% | 107% | 1% |
| Selenio Total | mg/L | 0.0013 | <0.0013 | 0% | 92 - 108% | 94% | 0% |
| Silice Total | mg/L | 0.27 | <0.27 | 0 - 2% | 92% | 92% | 0% |
| Silicio Total | mg/L | 0.13 | <0.13 | 0 - 2% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Sodio Total | mg/L | 0.019 | <0.019 | 0 - 2% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Talio Total | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 0 - 3% | 92 - 108% | 92% | 2% |
| Tantalio Total | mg/L | 0.0021 | <0.0021 | 0% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Teluro Total | mg/L | 0.003 | <0.003 | 0% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Thorio Total | mg/L | 0.00019 | <0.00019 | 0% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Titanio Total | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Uranio Total | mg/L | 0.000010 | <0.000010 | 0 - 7% | 92 - 108% | 96% | 2% |
| Vanadio Total | mg/L | 0.0003 | <0.0003 | 0% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Wolframio Total | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Yterbio Total | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 1 - 3% | 92 - 108% | 94% | 2% |
| Zinc Total | mg/L | 0.0026 | <0.0026 | 0 - 1% | 92 - 108% | 92% | 0% |
| Zirconio Total | mg/L | 0.00045 | <0.00045 | 0% | 92 - 108% | 96% | 1% |
| Nitrato | mg/L | 0.062 | <0.062 | | 99% | 99% | NA |
| Nitrito | mg/L | 0.006 | <0.006 | | 97% | 96% | NA |
| Sulfato | mg/L | 0.03 | <0.03 | | 98% | 100% | NA |
| Amonio | mg NH4/L | 0.012 | <0.012 | | 102% | 107% | 10% |
| Aceites y Grasas | mg/L | 0.4 | <0.4 | 0% | 96% | 96% | |
| Demanda Química de Oxígeno | mgO2/L | 4.5 | <4.5 | | 93% | 93% | 2% |

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 5 de 7

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1000
Arequipa t (054) 213 506
Cajamarca t (076) 365 092

www.sgs.pe
e Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2128045 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

| Referencia | Sede | Parámetro | Método de Ensayo |
|--------------------|-----------|---|--|
| EW_APHA2510B_OPE | Callao | Conductividad. | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510-B, 23rd Ed: 2017. Conductivity Laboratory Method |
| EW_APHA2550B | Callao | Temperatura | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550-B; 23rd Ed: 2017. Temperature, Laboratory and Field Method |
| EW_APHA4500HB_OPE | Callao | Potencial de Hidrógeno. | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 2017; 23rd Ed. pH Value. Electrometric Method. |
| EW_APHA4500NH3D_CX | Cajamarca | Amonio | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D; 23rd Ed: 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method |
| EW_APHA5210B_CX | Cajamarca | Demanda Bioquímica de Oxígeno | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;23rd Ed: 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test |
| EW_APHA5220D_CX | Cajamarca | Demanda Química de Oxígeno | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method |
| EW_APHA9221F_CX | Cajamarca | Numeración de Escherichia coli (EC-MUG) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F. Item 1, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Escherichia coli test (EC-MUG Medium). |
| EW_ASTMD3858 | Callao | Medición de caudal | ASTM D3858-95 (2014) Standard Test Method For Open Channed Flow Measurement Of Water By Velocity -Area Method. |
| EW_ASTMD3921 | Callao | Aceites y Grasas | ASTM D3921 - 96 (Reapproved 2011).Standard Test Method for Oil and Grease and Petroleum Hydrocarbons in Water -(Validado)2014 |
| EW_ASTMD888 | Callao | Oxígeno Disuelto. | ASTM D888 - 18 Test Method C; Standard Test Methods for Dissolved Oxygen in Water. Instrumental Probe Procedure Luminescence Based Sensor |
| EW_EPA200_8 | Callao | Metales Totales | EPA 200.8, Rev 5.4: 1994. Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry. |
| EW_EPA300_0_CX | Cajamarca | Nitrato | EPA 300.0. Rev. 2.1. 1993. Determination Of Inorganic Anions By Ion Chromatography. |
| EW_EPA300_0_CX | Cajamarca | Nitrito | EPA 300.0. Rev. 2.1. 1993. Determination Of Inorganic Anions By Ion Chromatography. |
| EW_EPA300_0_CX | Cajamarca | Sulfato | EPA 300.0. Rev. 2.1. 1993. Determination Of Inorganic Anions By Ion Chromatography. |

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 6 de 7

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2128045 Rev. 0**

REFERENCIA DE LOS MÉTODOS DE MUESTREO

| Tipo de Muestra | Procedimiento de Muestreo | Descripción | Plan de Muestreo |
|------------------|---------------------------|--|------------------|
| AGUA SUPERFICIAL | INS-P-EHS.1 | Muestreo y Medición de la Calidad del Agua | 351825-1 /2021 |

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio., su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Última Revisión Julio 2015

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 7 de 7

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 | Callao 1 | Callao | t (511) 517 1900 | www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 | Parque Industrial | Arequipa | t (054) 213 506 | Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez | Ba. San Antonio | Cajamarca | t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS

Anexo 02: Informe de ensayo de laboratorio MA2145146



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2145146 Rev. 0**

JORGE LUIS FLORIAN ZAVALETA

JR CAMILO BLAS 298 - CAJAMARCA

ENV / MO-352214-002

PROCEDENCIA : LOCAL

Fecha de Recepción SGS : 29-12-2021

Fecha de Ejecución : Del 29-12-2021 al 04-01-2022

Muestreo Realizado Por : Personal de Operaciones de SGS

| Estación de Muestreo |
|----------------------------|
| RCAJ 01 : RIO CAJAMARQUINO |
| RCAJ 02: RIO CAJAMARQUINO |
| RCAJ 03 : RIO CAJAMARQUINO |

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 04/01/2022

Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Coordinador de Laboratorio

Elizabeth V. Capuñay España
C.B.P 8508
Coordinador de Laboratorio Microbiología

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 1 de 7



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2145146 Rev. 0**

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | RCAJ 01: RIO CAJAMARQUINO 9200962N / 787114E 28/12/2021 09:36:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO | RCAJ 02: RIO CAJAMARQUINO 9200489N / 787395E 28/12/2021 12:45:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO |
|---------------------------------|--------------------|------------|----------|----------|---|---|
| FECHA DE MUESTREO | | | | | | |
| HORA DE MUESTREO | | | | | | |
| CATEGORIA | | | | | | |
| SUB CATEGORIA | | | | | | |
| Parámetro | Referencia | Unidad | LD | LC | Resultado ± Incertidumbre | Resultado ± Incertidumbre |
| Análisis de Campo | | | | | | |
| Conductividad | EW APHA2510B OPE | µS/cm | -- | -- | 416.00 ± 49.92 | 417.00 ± 50.04 |
| Temperatura | EW APHA2550B | °C | -- | -- | 15.30 ± 0.55 | 16.30 ± 0.55 |
| Potencial de Hidrógeno | EW APHA4500HB OPE | pH | -- | -- | 7.90 ± 0.05 | 8.07 ± 0.06 |
| Medición de Caudal | EW ASTM3858 | m³/s | -- | -- | 4.81998 * | 5.02388 * |
| Oxígeno Disuelto | EW ASTM888 | mg/L | -- | -- | 7.15 ± 0.18 | 7.28 ± 0.18 |
| Análisis Generales | | | | | | |
| Amonio | EW APHA4500NH3D CX | mg NH4/L | 0.005 | 0.012 | 3.214 ± 0.707 | 2.957 ± 0.651 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | EW APHA5210B CX | mg/L | 1.0 | 2.6 | <2.6 | <2.6 |
| Demanda Química de Oxígeno | EW APHA5220D CX | mg O2/L | 1.8 | 4.5 | 14.8 ± 2.8 | 11.1 ± 2.3 |
| Aceites y Grasas | EW ASTM3921 | mg/L | 0.2 | 0.4 | <0.4 | <0.4 |
| Aniones | | | | | | |
| Nitrato | EW EPA300 0 CX | mg/L | 0.018 | 0.062 | 5.138 ± 1.028 | 5.246 ± 1.049 |
| Nitrito | EW EPA300 0 CX | mg/L | 0.003 | 0.006 | 0.497 ± 0.139 | 0.458 ± 0.128 |
| Sulfato | EW EPA300 0 CX | mg/L | 0.01 | 0.03 | 81.40 ± 17.09 | 85.62 ± 17.98 |
| Análisis Microbiológicos | | | | | | |
| Numeración de Escherichia coli | EW APHA9221F CX | NMP/100 mL | -- | -- | <1.8 | <1.8 |
| Metales Totales | | | | | | |
| Aluminio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.001 | 0.003 | 0.209 ± 0.019 | 0.416 ± 0.037 |
| Antimonio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00004 | 0.00013 | <0.00013 | <0.00013 |
| Arsénico Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00010 | <0.00010 | 0.00113 ± 0.00012 |
| Bario Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | 0.0524 ± 0.0047 | 0.0522 ± 0.0047 |
| Berilio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | <0.00006 | <0.00006 |
| Bismuto Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00001 | 0.00003 | <0.00003 | <0.00003 |
| Boro Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.002 | 0.006 | 0.045 ± 0.005 | 0.045 ± 0.005 |
| Cadmio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00001 | 0.00003 | <0.00003 | <0.00003 |
| Calcio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.003 | 0.009 | 44.106 ± 4.411 | 49.191 ± 4.919 |
| Cerio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00008 | 0.00024 | 0.00031 ± 0.00003 | 0.00047 ± 0.00004 |
| Cesio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | 0.0008 ± 0.0002 | 0.0008 ± 0.0002 |
| Cobalto Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00001 | 0.00003 | 0.00093 ± 0.00008 | 0.00100 ± 0.00009 |
| Cobre Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00009 | 0.00231 ± 0.00058 | 0.00286 ± 0.00072 |
| Cromo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | <0.0003 | <0.0003 |
| Estafio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00010 | <0.00010 | <0.00010 |
| Estroncio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | 0.3523 ± 0.0317 | 0.3462 ± 0.0312 |
| Fósforo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.015 | 0.047 | 0.132 ± 0.037 | 0.146 ± 0.041 |
| Galio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00004 | 0.00012 | <0.00012 | <0.00012 |
| Germanio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | <0.0006 | <0.0006 |
| Hafnio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00005 | 0.00015 | <0.00015 | <0.00015 |
| Hierro Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0004 | 0.0013 | 0.3965 ± 0.0317 | 0.5302 ± 0.0424 |
| Lantano Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0005 | 0.0015 | <0.0015 | <0.0015 |
| Litio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | 0.0049 ± 0.0004 | 0.0046 ± 0.0004 |
| Lutecio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | <0.00006 | <0.00006 |
| Magnesio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.001 | 0.003 | 3.773 ± 0.453 | 4.061 ± 0.487 |
| Manganeso Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00010 | 0.16162 ± 0.01131 | 0.15235 ± 0.01066 |
| Mercurio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00009 | <0.00009 | <0.00009 |
| Molibdeno Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | 0.00117 ± 0.00027 | 0.00093 ± 0.00021 |
| Niobio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0005 | 0.0015 | <0.0015 | <0.0015 |
| Niquel Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | <0.0006 | <0.0006 |
| Plata Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.000003 | 0.000010 | <0.000010 | <0.000010 |
| Plomo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | <0.0006 | <0.0006 |
| Potasio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.04 | 0.13 | 2.40 ± 0.19 | 2.45 ± 0.20 |
| Rubidio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0003 | 0.0009 | 0.0047 ± 0.0005 | 0.0047 ± 0.0005 |
| Selenio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0004 | 0.0013 | 0.0022 ± 0.0005 | <0.0013 |
| Silice Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.09 | 0.27 | 13.98 ± 1.68 | 16.05 ± 1.93 |
| Silicio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.04 | 0.13 | 6.54 ± 0.78 | 7.50 ± 0.90 |
| Sodio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.006 | 0.019 | 16.560 ± 1.822 | 16.233 ± 1.786 |
| Talio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | <0.00006 | <0.00006 |
| Tantalo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0007 | 0.0021 | <0.0021 | <0.0021 |
| Teluro Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.001 | 0.003 | <0.003 | <0.003 |
| torio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00006 | 0.00019 | <0.00019 | <0.00019 |
| Titanio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | 0.0006 ± 0.0001 | <0.0006 |
| Uranio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.000003 | 0.000010 | 0.000195 ± 0.000041 | 0.000194 ± 0.000041 |
| Vanadio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | <0.0003 | <0.0003 |
| Wolframio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | <0.0006 | <0.0006 |
| Yterbio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | <0.00006 | <0.00006 |
| Zinc Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0008 | 0.0026 | <0.0026 | 0.0034 ± 0.0003 |
| Zirconio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00015 | 0.00045 | <0.00045 | <0.00045 |

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 2 de 7

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 | Callao 1 | Callao t (511) 517 1900 | www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 | Parque Industrial | Arequipa t (054) 213 506 | e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez | Ba. San Antonio | Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2145146 Rev. 0**

| IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA | | | | | RCAJ 03 - RIO CAJAMARQUINO 9200063N / 787909E 28/12/2021 11:00:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO |
|---|--------------------|------------|----------|----------|--|
| FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA | | | | | |
| Parámetro | Referencia | Unidad | LD | LC | Resultado ± Incertidumbre |
| Análisis de Campo | | | | | |
| Conductividad | EW APHA2510B OPE | µS/cm | -- | -- | 417.00 ± 50.04 |
| Temperatura | EW APHA2550B | °C | -- | -- | 16.10 ± 0.55 |
| Potencial de Hidrógeno | EW APHA4500HB OPE | pH | -- | -- | 8.14 ± 0.06 |
| Medición de Caudal | EW ASTM3858 | m³/s | -- | -- | 5.19799 * |
| Oxígeno Disuelto | EW ASTM888 | mg/L | -- | -- | 7.23 ± 0.18 |
| Análisis Generales | | | | | |
| Amonio | EW APHA4500NH3D CX | mg NH4/L | 0.005 | 0.012 | 2.829 ± 0.622 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | EW APHA5210B CX | mg/L | 1.0 | 2.6 | <2.6 |
| Demanda Química de Oxígeno | EW APHA5220D CX | mgO2/L | 1.8 | 4.5 | 15.4 ± 2.9 |
| Aceites y Grasas | EW ASTM3921 | mg/L | 0.2 | 0.4 | <0.4 |
| Aniones | | | | | |
| Nitrato | EW EPA300 0 CX | mg/L | 0.018 | 0.062 | 5.392 ± 1.078 |
| Nitrito | EW EPA300 0 CX | mg/L | 0.003 | 0.006 | 0.537 ± 0.150 |
| Sulfato | EW EPA300 0 CX | mg/L | 0.01 | 0.03 | 87.32 ± 18.34 |
| Análisis Microbiológicos | | | | | |
| Numeración de Escherichia coli | EW APHA9221F CX | NMP/100 mL | -- | -- | <1.8 |
| Metales Totales | | | | | |
| Aluminio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.001 | 0.003 | 0.322 ± 0.029 |
| Antimonio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00004 | 0.00013 | <0.00013 |
| Arsénico Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00010 | 0.00342 ± 0.00038 |
| Bario Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | 0.0534 ± 0.0048 |
| Berilio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | <0.00006 |
| Bismuto Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00001 | 0.00003 | <0.00003 |
| Boro Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.002 | 0.006 | 0.046 ± 0.006 |
| Cadmio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00001 | 0.00003 | <0.00003 |
| Calcio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.003 | 0.009 | 45.488 ± 4.549 |
| Cerio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00008 | 0.00024 | 0.00025 ± 0.00002 |
| Cesio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | 0.0008 ± 0.0002 |
| Cobalto Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00001 | 0.00003 | 0.00075 ± 0.00007 |
| Cobre Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00009 | 0.00160 ± 0.00040 |
| Cromo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | <0.0003 |
| Estaño Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00010 | <0.00010 |
| Estroncio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | 0.3448 ± 0.0310 |
| Fósforo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.015 | 0.047 | 0.128 ± 0.036 |
| Galio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00004 | 0.00012 | <0.00012 |
| Germanio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | <0.0006 |
| Hafnio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00005 | 0.00015 | <0.00015 |
| Hierro Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0004 | 0.0013 | 0.5468 ± 0.0437 |
| Lantano Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0005 | 0.0015 | <0.0015 |
| Litio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | 0.0046 ± 0.0004 |
| Lutecio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | <0.00006 |
| Magnesio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.001 | 0.003 | 3.901 ± 0.468 |
| Manganeso Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00010 | 0.15759 ± 0.01103 |
| Mercurio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00003 | 0.00009 | <0.00009 |
| Molibdeno Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | 0.00124 ± 0.00029 |
| Niobio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0005 | 0.0015 | <0.0015 |
| Niquel Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | <0.0006 |
| Plata Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.000003 | 0.000010 | <0.000010 |
| Plomo Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | <0.0006 |
| Potasio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.04 | 0.13 | 2.92 ± 0.23 |
| Rubidio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0003 | 0.0009 | 0.0048 ± 0.0005 |
| Selenio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0004 | 0.0013 | <0.0013 |
| Silice Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.09 | 0.27 | 15.76 * ± 1.89 |
| Silicio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.04 | 0.13 | 7.37 ± 0.88 |
| Sodio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.006 | 0.019 | 16.248 ± 1.787 |
| Talio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | <0.00006 |
| Tantalio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0007 | 0.0021 | <0.0021 |
| Teluro Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.001 | 0.003 | <0.003 |
| Thorio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00006 | 0.00019 | <0.00019 |
| Titanio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | 0.0018 ± 0.0002 |
| Uranio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.000003 | 0.000010 | 0.000171 ± 0.000036 |
| Vanadio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0001 | 0.0003 | <0.0003 |
| Wolframio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0002 | 0.0006 | <0.0006 |
| Yterbio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00002 | 0.00006 | <0.00006 |
| Zinc Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.0008 | 0.0026 | 0.0027 ± 0.0003 |
| Zirconio Total | EW EPA200 8 | mg/L | 0.00015 | 0.00045 | <0.00045 |

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 3 de 7

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2145146 Rev. 0**

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

En el caso de análisis de campo la fecha de ejecución del mismo corresponde a la fecha de muestreo.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 4 de 7

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2145146 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación

MB: Blanco del proceso.

LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.

MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.

MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.

Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

| Parámetro | Unidad | LC | MB | DUP %RPD | LCS %Recovery | MS %Recovery | MSD %RPD |
|-------------------------------|----------|---------|----------|----------|---------------|--------------|----------|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 2.6 | <2.6 | 10% | 102 - 104% | | |
| Nitrato | mg/L | 0.062 | <0.062 | | 96% | 94% | 8% |
| Nitrato | mg/L | 0.006 | <0.006 | | 97% | 96% | 1% |
| Sulfato | mg/L | 0.03 | <0.03 | | 101% | 100% | 1% |
| Aluminio Total | mg/L | 0.003 | <0.003 | 1% | 91 - 106% | 100% | 1% |
| Antimonio Total | mg/L | 0.00013 | <0.00013 | 0% | 91 - 96% | 95% | 0% |
| Arsénico Total | mg/L | 0.00010 | <0.00010 | 0% | 94 - 104% | 101% | 0% |
| Bario Total | mg/L | 0.003 | <0.003 | 0 - 5% | 90 - 91% | 101% | 0% |
| Berilio Total | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 0% | 94 - 102% | 101% | 0% |
| Bismuto Total | mg/L | 0.00003 | <0.00003 | 0% | 96 - 100% | 100% | 0% |
| Boro Total | mg/L | 0.006 | <0.006 | 0 - 2% | 96 - 101% | 100% | 0% |
| Cadmio Total | mg/L | 0.00003 | <0.00003 | 0% | 93 - 97% | 97% | 0% |
| Calcio Total | mg/L | 0.009 | <0.009 | 0% | 99 - 101% | 100% | 0% |
| Ceio Total | mg/L | 0.00024 | <0.00024 | 0% | 102 - 122% | 102% | 0% |
| Cesio Total | mg/L | 0.0003 | <0.0003 | 0% | 100 - 102% | 100% | 2% |
| Cobalto Total | mg/L | 0.00003 | <0.00003 | 0% | 93 - 100% | 92% | 2% |
| Cobre Total | mg/L | 0.00009 | <0.00009 | 0% | 100% | 98% | 0% |
| Cromo Total | mg/L | 0.0003 | <0.0003 | 0 - 1% | 92 - 94% | 95% | 0% |
| Estañio Total | mg/L | 0.00010 | <0.00010 | 0% | 102 - 105% | 103% | 0% |
| Estroncio Total | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0% | 102 - 108% | 98% | 0% |
| Fósforo Total | mg/L | 0.047 | <0.047 | 0 - 1% | 101% | 99% | 0% |
| Gaio Total | mg/L | 0.00012 | <0.00012 | 0% | 100 - 104% | 101% | 1% |
| Germanio Total | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0% | 99 - 102% | 99% | 0% |
| Hafnio Total | mg/L | 0.00015 | <0.00015 | 0% | 95 - 100% | 103% | 0% |
| Hierro Total | mg/L | 0.0013 | <0.0013 | 0% | 102 - 107% | 98% | 0% |
| Lantano Total | mg/L | 0.0015 | <0.0015 | 0% | 98 - 99% | 99% | 0% |
| Litio Total | mg/L | 0.0003 | <0.0003 | 0 - 4% | 93 - 94% | 94% | 0% |
| Lutecio Total | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 0% | 99 - 104% | 107% | 0% |
| Magnesio Total | mg/L | 0.003 | <0.003 | 0 - 1% | 101 - 104% | 99% | 1% |
| Manganeso Total | mg/L | 0.00010 | <0.00010 | 0 - 2% | 102 - 104% | 99% | 0% |
| Mercurio Total | mg/L | 0.00009 | <0.00009 | 0% | 100 - 105% | 99% | 0% |
| Molibdeno Total | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 0 - 1% | 100 - 105% | 95% | 2% |
| Niobio Total | mg/L | 0.0015 | <0.0015 | 0% | 100 - 106% | 100% | 0% |
| Niquel Total | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0% | 95 - 99% | 98% | 0% |
| Plata Total | mg/L | 0.00010 | <0.00010 | 0% | 102 - 104% | 100% | 0% |
| Plomo Total | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0% | 104 - 105% | 100% | 0% |
| Potasio Total | mg/L | 0.13 | <0.13 | 0 - 3% | 97 - 102% | 101% | 1% |
| Rubidio Total | mg/L | 0.0009 | <0.0009 | 0 - 4% | 97 - 98% | 103% | 0% |
| Selenio Total | mg/L | 0.0013 | <0.0013 | 0% | 99 - 104% | 99% | 3% |
| Silice Total | mg/L | 0.27 | <0.27 | 0% | 98% | 93% | 0% |
| Silicio Total | mg/L | 0.13 | <0.13 | 0% | 98 - 99% | 93% | 0% |
| Sodio Total | mg/L | 0.019 | <0.019 | 0 - 1% | 105 - 108% | 101% | 0% |
| Talio Total | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 0% | 100 - 101% | 101% | 0% |
| Tantalio Total | mg/L | 0.0021 | <0.0021 | 0% | 94 - 96% | 101% | 0% |
| Teluro Total | mg/L | 0.003 | <0.003 | 0% | 102% | 102% | 0% |
| Thorio Total | mg/L | 0.00019 | <0.00019 | 0% | 92 - 100% | 97% | 0% |
| Titanio Total | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0% | 97 - 102% | 97% | 0% |
| Uranio Total | mg/L | 0.00010 | <0.00010 | 1 - 2% | 100 - 101% | 99% | 0% |
| Vanadio Total | mg/L | 0.0003 | <0.0003 | 0% | 95 - 96% | 96% | 0% |
| Wolframio Total | mg/L | 0.0006 | <0.0006 | 0% | 103 - 105% | 99% | 0% |
| Yterbio Total | mg/L | 0.00006 | <0.00006 | 0% | 97 - 101% | 101% | 0% |
| Zinc Total | mg/L | 0.0026 | <0.0026 | 0% | 96 - 98% | 97% | 2% |
| Zirconio Total | mg/L | 0.00045 | <0.00045 | 0% | 95 - 104% | 102% | 0% |
| Amonio | mg NH4/L | 0.012 | <0.012 | | 111% | 103% | 0% |
| Acetees y Grasas | mg/L | 0.4 | <0.4 | 0% | 110% | 111% | 0% |
| Demanda Química de Oxígeno | mgO2/L | 4.5 | <4.5 | | 94% | 96% | 2% |

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 5 de 7

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 | Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2145146 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

| Referencia | Sede | Parámetro | Método de Ensayo |
|--------------------|-----------|---|--|
| EW_APHA2510B_OPE | Callao | Conductividad. | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510-B, 23rd Ed: 2017. Conductivity: Laboratory Method |
| EW_APHA2550B | Callao | Temperatura | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550-B; 23rd Ed: 2017. Temperature, Laboratory and Field Method |
| EW_APHA4500HB_OPE | Callao | Potencial de Hidrógeno. | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 2017; 23rd Ed. pH Value. Electrometric Method. |
| EW_APHA4500NH3D_CX | Cajamarca | Amonio | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D; 23rd Ed: 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method |
| EW_APHA5210B_CX | Cajamarca | Demanda Bioquímica de Oxígeno | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;23rd Ed: 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test |
| EW_APHA5220D_CX | Cajamarca | Demanda Química de Oxígeno | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method |
| EW_APHA9221F_CX | Cajamarca | Numeración de Escherichia coli (EC-MUG) | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F. Item 1, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Escherichia coli test (EC-MUG Medium). |
| EW_ASTMD3858 | Callao | Medición de Caudal (Método Correntómetro) | ASTM D3858-95 (2014) Standard Test Method For Open Channed Flow Measurement Of Water By Velocity –Area Method. |
| EW_ASTMD3921 | Callao | Aceites y Grasas | ASTM D3921 - 96 (Reapproved 2011).Standard Test Method for Oil and Grease and Petroleum Hydrocarbons in Water -(Validado)2014 |
| EW_ASTMD888 | Callao | Oxígeno Disuelto. | ASTM D888 - 18 Test Method C; Standard Test Methods for Dissolved Oxygen in Water. Instrumental Probe Procedure Luminescence Based Sensor |
| EW_EPA200_8 | Callao | Metales Totales | EPA 200.8, Rev 5.4: 1994. Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry. |
| EW_EPA300_0_CX | Cajamarca | Nitrato | EPA 300.0. Rev. 2.1. 1993. Determination Of Inorganic Anions By Ion Chromatography. |
| EW_EPA300_0_CX | Cajamarca | Nitrito | EPA 300.0. Rev. 2.1. 1993. Determination Of Inorganic Anions By Ion Chromatography. |
| EW_EPA300_0_CX | Cajamarca | Sulfato | EPA 300.0. Rev. 2.1. 1993. Determination Of Inorganic Anions By Ion Chromatography. |

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 6 de 7

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 | Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial | Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio | Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2145146 Rev. 0**

REFERENCIA DE LOS MÉTODOS DE MUESTREO

| Tipo de Muestra | Procedimiento de Muestreo | Descripción | Plan de Muestreo |
|------------------|---------------------------|--|------------------|
| AGUA SUPERFICIAL | INS-P-EHS.1 | Muestreo y Medición de la Calidad del Agua | 352214-1 /2021 |

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Última Revisión Julio 2015

Este documento es válido solo en entorno electrónico, de imprimirse pierde validez.

Página 7 de 7

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 Callao 1 Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Ernesto Gunther 275 Parque Industrial Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Jr. Arnaldo Márquez Ba. San Antonio Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS




Laboratorio Callao
Avenida Elmer Faucett 3346, Callao 1
Teléfono: (01) 517 1900
E-mail: pe.labambientales@sgs.com

Laboratorio Arequipa
Ernesto Günther N° 275, Parque Industrial
Teléfono: (054) 21 3506
E-mail: ada.sarodes@sgs.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Arnaldo Márquez 257, Barrio San Antonio
Teléfono: (078) 367723
E-mail: jade.huarcaya@sgs.com
N° 1199321443211228160739-01

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

| DATOS DEL CLIENTE | | | | | | | | | | Análisis requeridos / Preservantes | | | | | | | | | | TIPOS DE AGUA SEGÚN NTP 214.042.2012* | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|-----------------|---------|----------------|---------------|-----------------|-----------|------------|-------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|--------------------------|
| Cliente: FLORIAN ZAVALETA, JORGE LUIS Contacto: Teléfono: 983152071 E-mail: Proyecto: LOCAL Lugar de Inspección: LOCAL Muestreado por: SGS <input checked="" type="checkbox"/> Cliente <input type="checkbox"/> Frecuencia del Monitoreo: Periódico <input checked="" type="checkbox"/> No Periódico <input type="checkbox"/> Especial <input type="checkbox"/> N° de OI: 352214-1 N° de Pre-Acta: 1199321 Fecha de inicio: 28/12/2021 Fecha de finalización: 28/12/2021 Hora de inicio: 08:30 Hora de finalización: 15:00 | | | | | | | | | | Cantidad de envases (Plástico / Vidrio) ACEITES/GRASAS (MG/L) CF AMONIO (MG/L) CF FOSFORO BIQUINICA DE OXIGENO (MG/L) CF DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO COL (MG/L) CF NITRITO (MG/L) CF NITRATO (MG/L) CF NUMERACION DE ESPECIFICOS COL (ECALCOS) (IMP/100 ML) CF SILICATO (MG/L) METALES PESADOS (PPM) | | | | | | | | | | AGUA NATURAL ASUB : Agua subterránea ANA : Agua de manantial AT : Agua termal AS : Agua superficial ADR : Agua de río ADL : Agua de lago / laguna ADA : Agua de deposición atmosférica AGUA RESIDUAL ARD : Agua residual doméstica ARI : Agua residual industrial ARM : Agua residual municipal AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AB : Agua de botella | | AP : Agua de piscina ALA : Agua de laguna artificial AGUA SALINA AM : Agua de mar ASL : Agua salobre SAL : Salmuera AIRS : Agua de irrigación y riego (salina) AGUA DE PROCESO ACE : Agua de circulación o enfriamiento AAC : Agua de alimentación para calderas AC : Agua de calderas AL : Agua de lavación APR : Agua purificada AIRP : Agua de irrigación y riego (de proceso) | | | | | | | |
| Item | Estación | Coordenadas UTM | | Altitud (msnm) | Tipo de Agua* | Tipo de Muestra | | Fecha | Hora | P | V | | | | | | | | | | | OBSERVACIONES | | | | | | | |
| | | WGS 84 | PSAD 56 | | | Simple | Compuesta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | RCAJ 01 : RIO CAJAMARQUINO | 9200962 | 787114 | | AS | X | | 28/12/2021 | 09:36 | 5 | 2 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | AGUA LIGERAMENTE TRUBIA. |
| 2 | RCAJ 02 : RIO CAJAMARQUINO | 9200489 | 787395 | | AS | X | | 28/12/2021 | 12:45 | 5 | 2 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | AGUA LIGERAMENTE TRUBIA. |
| 3 | RCAJ 03 : RIO CAJAMARQUINO | 9200963 | 787909 | | AS | X | | 28/12/2021 | 11:00 | 5 | 2 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | AGUA LIGERAMENTE TRUBIA. |
| Inspector responsable: ADERLY ASENSIO MEDINA, LUIS AFRANCO SANCHEZ Fecha: 28/12/2021 Firma: <i>[Firma]</i> | | | | | | | | | | N° de Coolers: 1 N° de Frascos: 21 N° de los Pack's: 20 | | | | | | | | | | Fecha de Recepción de las Muestras: Hora: Responsable de la Recepción de las Muestras: Condiciones en que se recibieron las muestras: Refrigeradas: <input type="checkbox"/> Preservadas: <input type="checkbox"/> Dentro del tiempo de conservación: <input type="checkbox"/> N° de muestras rotas: <input type="checkbox"/> Otros (especifique): <input type="checkbox"/> Temperatura (°C): <input type="text"/> | | | | | | | | | |
| Representante del Cliente: JORGE FLORIAN ZAVALETA Firma: <i>[Firma]</i> | | | | | | | | | | Firma: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



Registro de Mediciones en Campo - Monitoreo de Aguas

N° 119932144311228160739-01

N° Ot: 352214-1 PRE-ACTA: 1199321

CLIENTE: FLORIAN ZAVALETA JORGE LUIS PROYECTO: LOCAL

LUGAR DE INSPECCION: LOCAL

CÓDIGO DEL MULTIPARÁMETRO: C.Eqp: 19784 - C.Sgs: CÓDIGO DEL COLORÍMETRO: - CÓDIGO DEL GPS: C.Eqp: 19264 - C.Sgs:

CÓDIGO DEL CORRENTÓMETRO: C.Eqp: 2376 - C.Sgs: CÓDIGO DEL TURBIDÍMETRO: - CÓDIGO DE SONDA DE INTERFASE: -

TIPO DE MUESTRA: Simple Periódico Compuesta No Periódico Especial

FRECUENCIA DE MONITOREO: Periódico No Periódico Especial



*** Tipo de Agua Según NTP 214.042.2012**

| AGUA NATURAL | AGUA RESIDUAL | AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO | AGUA SALINA | AGUA DE PROCESO |
|---|---|---|---|--|
| ASUB: Agua subterránea AMA: Agua de manant. ADR: Agua de río AT: Agua termal AS: Agua superficial ADL: Agua de lago / laguna | ARD: Agua residual doméstica ARI: Aguas residual industrial ARM: Agua residual municipal | AB: Agua de bebida AP: Agua de piscina ALA: Agua de laguna artificial. | AM: Agua de mar ASL: Agua salobre SAL: Salmuera AIRS: Agua de irrigación y riego | ACE: Agua de circulación o enfriamiento AC: Agua de calderas AAC: Agua de alimentación para calderas AL: Agua de lavación APR: Agua purificada AIRP: Agua de irrigación y riego (de Proceso) |

Importante: Para cada estación el inspector debe señalar las características climáticas (soleado, lluvioso, nevoso, etc). Características del cuerpo de agua (turbulento, estancado, estable, profundidad del mismo). Características de la muestra (presencia de espuma, turbidez, residuos sólidos, olor fétido, etc).

| Estación de Monitoreo | Descripción | Coordenadas (UTM) | | Altitud (msnm) | Tipo de Agua* | Fecha | Hora | T° (°C) | pH (UpH) | Redox (mv) | Conductividad | Material Flotante | Caudal | OD (mg/L) | Cloro Libre (mg/L) | Cloro Total (mg/L) | Turbidez (NTU) | Salinidad | Nivel Freático (m) | Observaciones |
|-----------------------|------------------|--|----------------------------------|----------------|---------------|------------|-------|---------|----------|------------|---------------|-------------------|--------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------|-----------|--------------------|--------------------------|
| | | WGS 84 <input checked="" type="checkbox"/> | PSAD 56 <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RCAJ 01 | RIO CAJAMARQUINO | 9200962 | 787114 | | AS | 28/12/2021 | 09:36 | 15.3 | 7.90 | - | 416.00 uS/cm | - | 1.81998 m³/s | 7.15 | - | - | - | - | - | AGUA LIGERAMENTE TRUBIA. |
| RCAJ 03 | RIO CAJAMARQUINO | 9200063 | 787909 | | AS | 28/12/2021 | 11:00 | 16.1 | 8.14 | - | 417.00 uS/cm | - | 1.19799 m³/s | 7.23 | - | - | - | - | - | AGUA LIGERAMENTE TRUBIA. |
| RCAJ 02 | RIO CAJAMARQUINO | 9200489 | 787395 | | AS | 28/12/2021 | 12:45 | 16.3 | 8.07 | - | 417.00 uS/cm | - | 1.02388 m³/s | 7.28 | - | - | - | - | - | AGUA LIGERAMENTE TRUBIA. |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



En señal de conformidad con lo aquí descrito y no habiendo más que declarar, firman:

| | | |
|--|--|---|
| Inspector SGS: Firma:  Nombre: <u>ADDERLY ASENCIO MEDINA/LUIS ARAUJO SANCHEZ</u> | Representante Firma y Sello:  Nombre: <u>JORGE FLORIAN ZAVALETA</u> | Fecha/ Hora de inspección: Inicio: <u>28/12/2021:08:30</u> Término: <u>28/12/2021:15:00</u> Revisado por: _____ |
|--|--|---|

INS-R-EPH-19
R10
F.A. Noviembre 2011

Anexo 04: Certificados de calibración de los equipos de monitoreo

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: CCP-0353-008-21

|  | |  | | | | |
|---|--|---|--------------------------------|--|----------------------|-------------------------|
| IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE | | | | | | |
| NOMBRE: | SGS DEL PERÚ S.A.C. | | | | | |
| DIRECCIÓN: | AV. ELMER FAUCETT 3348, CALLAO 07036 | | | | | |
| TELÉFONO: | (01) 5171900 | | | | | |
| PERSONA(S) DE CONTACTO: | LUZ OLORTEGUI | | | | | |
| IDENTIFICACIÓN DEL ÍTEM DE CALIBRACIÓN | | | | | | |
| ÍTEM: | MULTIPARÁMETRO | SERIE: | 21030547 | | | |
| MARCA: | WTW | CÓDIGO: | 17876 | | | |
| MODELO: | MULTI 3630 | UBICACIÓN: | CALLAO | | | |
| MEDIDOR DE PH | | MEDIDOR DE CONDUCTIVIDAD | | | | |
| UNIDAD DE MEDIDA: | Unidades de pH | UNIDAD DE MEDIDA: | µS/cm ; mS/cm | | | |
| RESOLUCIÓN: | (0,001 ; 0,01 ; 0,1) pH | RESOLUCIÓN: | (0,1 ; 1) µS/cm ; (0,01) mS/cm | | | |
| INTERVALO DE MEDIDA: | (0 a 14) pH | INTERVALO DE MEDIDA: | 1 µS/cm a 2000 mS/cm | | | |
| IDENTIFICACIÓN DEL SENSOR DE PH | | IDENTIFICACIÓN DEL SENSOR DE CONDUCTIVIDAD | | | | |
| MARCA: | WTW | MARCA: | WTW | | | |
| MODELO: | SENTIX 940 | MODELO: | TETRACON 925 | | | |
| SERIE: | C205021035 | SERIE: | 21021458 | | | |
| CÓDIGO: | 17877 | CÓDIGO: | 17878 | | | |
| RESOLUCIÓN: | (0,001 ; 0,01 ; 0,1) pH | RESOLUCIÓN: | (0,1 ; 1) µS/cm ; (0,01) mS/cm | | | |
| INTERVALO DE MEDIDA: | (0 a 14) pH | INTERVALO DE MEDIDA: | 1 µS/cm a 2000 mS/cm | | | |
| MATERIALES DE REFERENCIA UTILIZADOS | | | | | | |
| CÓDIGO | NOMBRE | MARCA | N° CAT. | LOTE | FECHA EXP. | N° CERTIFICADO |
| ELP.MRC.001 | BUFFER SOLUTION pH 4.005 | CONTROL COMPANY | 4880 | CC655434 | 2021-12-27 | 4880-10976879 |
| ELP.MRC.002 | BUFFER SOLUTION pH 7.000 | CONTROL COMPANY | 4881 | CC652923 | 2021-12-11 | 4881-10935336 |
| ELP.MRC.003 | BUFFER SOLUTION pH 10.012 | CONTROL COMPANY | 4882 | CC650630 | 2021-11-21 | 4882-10901792 |
| EL.MRC.012 | SOLUCION DE CONDUCTIVIDAD DE 10 µS/cm | CONTROL COMPANY | 4065 | CC19889 | 2021-05-31 | 4065-11320735 |
| EL.MRC.016 | SOLUCION DE CONDUCTIVIDAD DE 100 µS/cm | CONTROL COMPANY | 4066 | CC20333 | 2021-10-01 | 4066-11582942 |
| ELP.MRC.009 | SOLUCIÓN ESTÁNDAR DE CONDUCTIVIDAD 1413 µS / cm | CONTROL COMPANY | 4173 | CC20200 | 2021-08-24 | 4173-11497535 |
| EQUIPAMIENTO UTILIZADO | | | | | | |
| CÓDIGO | NOMBRE | MARCA | MODELO | SERIE | VENCE CAL. | N° CERTIFICADO |
| ELP.PT.017 | TERMÓMETRO DIGITAL | ELPRO | ECOLOG TN2 | 91840 | 2021-08-08 | CCP-0104-079-20 |
| ELP.PT.036 | TERMOHIGRÓMETRO | CENTER | 342 | 180303334 | 2021-08-24 | CCP-0104-081-20 |
| DECLARACIÓN DE TRAZABILIDAD METROLÓGICA | | | | | | |
| Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del NIST (National Institute of Standards and Technology - Estados Unidos) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs). | | | | | | |
| CALIBRACIÓN | | | | | | |
| MÉTODO: | COMPARACIÓN DIRECTA MEDIANTE MATERIALES DE REFERENCIA CERTIFICADOS | | | | | |
| DOCUMENTOS DE REFERENCIA: | CEM QU-003:2008 (EDICIÓN DIGITAL 1) y OIML R 68:1985 | | | | | |
| PROCEDIMIENTOS: | PEC.ELP.11 - PEC.ELP.12 | TEMPERATURA AMBIENTAL: | 21,1 °C | ±0,0 °C | | |
| LUGAR DE CALIBRACIÓN: | LABORATORIO 1 - PERÚ | HUMEDAD RELATIVA: | 58,3 %HR | ±0,4 %HR | | |
| RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN PARA PH | | | | | | |
| Unidad | Nominal | Valor MRC (x) | Ítem (y) | Error de Medición | Incertidumbre (k= 2) | Temperatura (°C) |
| Unidades de pH | 4,005 | 4,009 | 4,000 | -0,009 | 0,012 | 25,0 |
| Unidades de pH | 7,000 | 7,003 | 6,990 | -0,013 | 0,012 | 25,1 |
| Unidades de pH | 10,012 | 10,015 | 10,010 | -0,005 | 0,012 | 25,0 |
| Recta de Regresión: | | y= 1,0007 x -0,0137 | | Coeficiente de Correlación: | | r ² = 1,0000 |
| RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN PARA CONDUCTIVIDAD | | | | | | |
| Unidad | Nominal | Valor MRC (x) | Ítem (y) | Error de Medición | Incertidumbre (k= 2) | Temperatura (°C) |
| µS/cm | 10 | 8,99 | 9,1 | 0,11 | 0,56 | 24,2 |
| µS/cm | 100 | 99,9 | 100,9 | 1,0 | 2,2 | 25,2 |
| µS/cm | 1413 | 1412,0 | 1413 | 6,0 | 4,7 | 25,0 |
| Recta de Regresión: | | y= 1,0004 x +0,5211 | | Coeficiente de Correlación: | | r ² = 1,0000 |
| MRC: Material de Referencia Certificado | | | | NOTA: Se presentan los promedios de 3 mediciones por cada punto. | | |
| CALIBRACIÓN REALIZADA POR: | | José Ferro | | | | |
| FECHA DE RECEPCIÓN DEL ÍTEM: | | 2021-04-15 | | FECHA DE EMISIÓN: 2021-04-19 | | |
| FECHA DE CALIBRACIÓN: | | 2021-04-16 | | | | |



Autenticación de certificado

Autorizado y firmado electrónicamente por:



Gerente general - Autorización PE270319SP



Este informe contiene 3 página(s), Página 1 de 3

Av. Faustino Sánchez Carrón N°615 Of 804, Jesús María- Lma, Telf: 017669297




Sustento legal de firma electrónica

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: CCP-0353-008-21

| | | | | | | |
|---|--|---|--------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------|
|  | |  | | | | |
| MEDIDOR DE TEMPERATURA | | | | | | |
| UNIDAD DE MEDIDA: | °C | RESOLUCIÓN: | 0,1 °C | | | |
| | | INTERVALO DE MEDIDA: | (-5 a 100) °C | | | |
| IDENTIFICACION DEL SENSOR | | | | | | |
| MARCA: | WTW | CÓDIGO: | 17878 | | | |
| MODELO: | TETRACON 925 | RESOLUCIÓN: | 0,1 °C | | | |
| SERIE: | 21021458 | INTERVALO DE MEDIDA: | (-5 a 100) °C | | | |
| EQUIPAMIENTO UTILIZADO | | | | | | |
| CÓDIGO | NOMBRE | MARCA | MODELO | SERIE | VENCE CAL. | Nº CERTIFICADO |
| ELP.PT.025 | BAÑO DE POZO LÍQUIDO | POLYSCIENCE | PD15RCAL-A12E | 1802-03541 | 2021-08-28 | CCP-0104-089-20 |
| ELP.PC.028.01 | SENSOR DE TEMPERATURA | JUMO | 902830/30-302-1011 | FA 2524576 / 101 | 2021-08-13 | CCP-0104-049-20 |
| ELP.PT.059 | BARÓMETRO | CONTROL COMPANY | 6530 | 181821642 | 2021-11-05 | CCP-0104-149-20 |
| ELP.PT.036 | TERMOHIGRÓMETRO | CENTER | 342 | 180303334 | 2021-08-24 | CCP-0104-081-20 |
| DECLARACIÓN DE TRAZABILIDAD METROLÓGICA | | | | | | |
| Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del CENAM (Centro Nacional de Metrología - México) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs). | | | | | | |
| CALIBRACIÓN | | | | | | |
| MÉTODO: | COMPARACIÓN DIRECTA CON TERMÓMETRO PATRÓN Y BAÑO CONTROLADO DE TEMPERATURA | | | | | |
| DOCUMENTO DE REFERENCIA:: | CEM TH-001:2008 (EDICIÓN DIGITAL 1) | | | | | |
| PROCEDIMIENTO: | PEC.ELP.03 | | | | | |
| LUGAR DE CALIBRACIÓN: | LABORATORIO 1 - ELICROM | | | | | |
| TEMPERATURA AMBIENTAL MEDIA: | 22,7 °C | ±0,1 °C | | | | |
| HUMEDAD RELATIVA MEDIA: | 54,7 %HR | ±0,1 %HR | | | | |
| PRESIÓN ATMOSFÉRICA MEDIA: | 1001 hPa | ±0 hPa | | | | |
| RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN | | | | | | |
| Nominal | Lectura ítem | Lectura Patrón | Error de Medición | Incertidumbre | Factor de Cobertura (k) | |
| °C | °C | °C | °C | °C | | |
| 0 | 0,1 | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 2,00 | |
| 15 | 15,1 | 15,041 | 0,059 | 0,091 | 2,00 | |
| 25 | 24,9 | 25,015 | -0,115 | 0,091 | 2,00 | |
| OBSERVACIONES | | | | | | |
| La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición (intervalo de confianza), la cual se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k, que para una distribución t (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración. | | | | | | |
| NOTA 1: La lectura patrón, MRC y el error de medición (mejor estimación del valor verdadero) se muestran con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM). | | | | | | |
| NOTA 2: La recta de regresión considera los valores del MRC (x) y del ítem de calibración (y) en µS/cm. | | | | | | |
| NOTA 3: De acuerdo al intervalo de medida autorizado por el cliente para el ajuste (en caso de haberse realizado), se debe considerar la influencia que tiene esta compensación en valores diferentes a dicho intervalo. Por ejemplo, si el ítem de calibración fue ajustado en rango alto, los resultados obtenidos en rango bajo pueden verse afectados o viceversa. El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del ítem calibrado. | | | | | | |
| CALIBRACIÓN REALIZADA POR: | José Ferro | | | | | |
| FECHA DE RECEPCIÓN DEL ÍTEM: | 2021-04-15 | | | FECHA DE EMISIÓN: 2021-04-19 | | |
| FECHA DE CALIBRACIÓN: | 2021-04-16 | | | | | |

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: CCP-0353-008-21

| | | | | | | |
|---|--|------------------------------|---------------------------------------|---------------|-------------------|-----------------|
|  | | | | | | |
| MEDIDOR DE OXIGENO DISUELTO | | | | | | |
| UNIDAD DE MEDIDA: | mg/l | % | RESOLUCIÓN: (0,001 ; 0,01) mg/l 0,1 % | | | |
| | | | RANGO: (0 a 20) mg/l (0 a 200)% | | | |
| IDENTIFICACION DEL SENSOR | | | | | | |
| MARCA: | WTW | UNIDAD DE MEDIDA: | mg/l % | | | |
| MODELO: | FDO 925 | RESOLUCIÓN: | (0,001 ; 0,01) mg/l 0,1 % | | | |
| SERIE: | 21031958 | RANGO: | (0 a 20) mg/l (0 a 200)% | | | |
| CÓDIGO: | 17879 | | | | | |
| MATERIALES DE REFERENCIA CERTIFICADOS UTILIZADOS | | | | | | |
| CÓDIGO | NOMBRE | MARCA | Nº CAT. | LOTE | FECHA EXP. | Nº CERTIFICADO |
| EL.MR.151 | COBALT REFERENCE ESTANDAR SOLUTION 1000 | HACH | 21503-42 | A9037 | 2022-02-11 | 2150342-LM |
| EL.MR.152 | SILICA 3 REAGENT | HACH | 271-69 | A9077 | 2023-03-02 | 27169-LM |
| EQUIPOS UTILIZADOS | | | | | | |
| CÓDIGO | NOMBRE | MARCA | MODELO | SERIE | VENCE CAL. | Nº CERTIFICADO |
| ELP.PT.059 | BARÓMETRO | CONTROL COMPANY | 6530 | 181821642 | 2021-11-05 | CCP-0104-149-20 |
| ELP.PT.036 | TERMOHIGRÓMETRO | CENTER | 342 | 180303334 | 2021-08-24 | CCP-0104-081-20 |
| CALIBRACIÓN | | | | | | |
| MÉTODO: | COMPARACIÓN DIRECTA CON PATRÓN DE REFERENCIA | | | | | |
| PROCEDIMIENTO: | PEC.ELP.PG | | | | | |
| LUGAR DE CALIBRACIÓN: | LABORATORIO 1 - ELICROM | | | | | |
| TEMPERATURA AMBIENTAL: | 21,1 °C | ± 0,1 °C | | | | |
| HUMEDAD RELATIVA: | 58,3 %HR | ± 0,4 %HR | | | | |
| PRESIÓN ATMOSFÉRICA MEDIA: | 1001 hPa | ±0 hPa | | | | |
| RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN | | | | | | |
| Unidad de medida | Patrón | Lectura de Ítem | Error de Medición | Incertidumbre | Observación | |
| mg/l | 0,00 | 0,00 | -0,00200 | 0,00058 | 0,1% DO a 25,1°C | |
| mg/l | 8,25 | 8,26 | -0,0100 | 0,0058 | 99,9% DO a 25,1°C | |
| OBSERVACIONES | | | | | | |
| <p>La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, la cual se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2,00, que para una distribución t (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración.</p> <p>Nota: Se realiza promedio de 5 mediciones por cada punto de calibración.</p> | | | | | | |
| CALIBRACIÓN REALIZADA POR: | José Ferro | | | | | |
| FECHA DE RECEPCIÓN DEL ÍTEM: | 2021-04-15 | FECHA DE EMISIÓN: 2021-04-19 | | | | |
| FECHA DE CALIBRACIÓN: | 2021-04-16 | | | | | |

| | | | | |
|---|--|---|------------------------------|---------------------------------------|
| ANEXO 05: Matriz de consistencia | | | | |
| AUTOR: JORGE LUIS FLORIAN ZA VALETA | | | | FECHA: 01 / 08 / 2021 |
| TÍTULO: Impacto del lixiviado del relleno sanitario de Cajamarca en la calidad del agua del río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021 | | | | |
| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | METODOLOGÍA |
| 1. Problema General: | 1. Objetivo General: | 1. Hipótesis General: | Variable dependiente: | 1. Tipo de Investigación: |
| ¿Cuál es el Impacto del lixiviado del relleno sanitario de Cajamarca en la calidad del agua del río Cajamarquino en el distrito de Jesús, en el año 2021? | Determinar el impacto del lixiviado del relleno sanitario de Cajamarca en la calidad del agua del río Cajamarquino del distrito de Jesús, en el año 2021. | Los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan negativamente en la calidad del agua del río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021. | calidad del agua | Básica |
| 2. Problemas Específicos: | 2. Objetivos Específicos: | 2. Hipótesis Específicas: | | 2. Nivel de la Investigación: |
| ¿De qué medida los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros físicos-químicos (aceites y grasas, conductividad eléctrica, DBO5, DQO, nitritos, nitratos, oxígeno disuelto, sulfatos, PH, temperatura y caudal) de calidad de agua en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021? | Determinar si los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros físicos-químicos (aceites y grasas, conductividad eléctrica, DBO5, DQO, nitritos, nitratos, oxígeno disuelto, sulfatos, PH, temperatura y caudal) y si los parámetros analizados cumplen con los ECA para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM de calidad de agua, en el río | Los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros físicos-químicos (aceites y grasas, conductividad eléctrica, DBO5, DQO, nitritos, nitratos, oxígeno disuelto, sulfatos, PH, temperatura y caudal) y los parámetros analizados no cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM, en el río | | Explicativo |
| | | | | 3. Diseño de la Investigación: |
| | | | | No experimental |

| | | | | |
|--|--|---|---|---|
| | Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021. | Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021. | | |
| ¿De qué medida los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros inorgánicos (Aluminio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobre, cobalto, manganeso, mercurio, níquel, plomo, selenio, zinc, plata, estaño, hierro, litio, magnesio, antimonio, molibdeno, amonio, y cromo) de calidad de agua en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021? | Determinar si los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros inorgánicos (Aluminio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobre, cobalto, manganeso, mercurio, níquel, plomo, selenio, zinc, plata, estaño, hierro, litio, magnesio, antimonio, molibdeno, amonio, y cromo) y si los parámetros analizados cumplen con los ECA para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM de calidad de agua, en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021. | <ul style="list-style-type: none"> Los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros inorgánicos (Aluminio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobre, cobalto, manganeso, mercurio, níquel, plomo, selenio, zinc, plata, estaño, hierro, litio, magnesio, antimonio, molibdeno, amonio, y cromo) y los parámetros analizados no cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM, en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021. | Variable independiente : | 4. Método: |
| | | | Lixiviados del relleno sanitario | cuantitativo |
| | | | | 5. Población: |
| ¿De qué medida los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros microbiológicos y parasitológicos (escherichia coli) de calidad de agua en el río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021? | Determinar si los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros microbiológicos y parasitológicos (escherichia coli) y si los parámetros analizados cumplen con los ECA para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM de calidad de agua, en el río | Los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan en los parámetros de microbiológicos y parasitológicos (escherichia coli) y los parámetros analizados no cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM, en el río | | Agua del rio cajamarquino |
| | | | | 6. Muestra: |
| | | | | 3 puntos de muestreo en el río Cajamarquino en 2 temporadas (en estiaje y en avenida) |

| | | | | |
|--|--|--|--------------------|--|
| | Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021. | Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021. | | |
| | | | | 7. Unidad de Estudio: |
| | | | Variable 3: | Rio Cajamarquino |
| | | | | 8. Técnica de Recolección: |
| | | | | Toma de muestras, observación de campo y análisis de laboratorio |
| | | | | 9. Instrumento de Recolección: |
| | | | | 1 Material de laboratorio (recolección y preservación de muestras) |
| | | | | 2 Equipos de muestreo de campo (multiparámetro, correntómetro) |
| | | | | 3 Cámara fotográfica |
| | | | | 4 GPS |
| | | | | 5 Documentos de Gestión |