

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA



Mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales para la recuperación de metales valiosos que permita la sostenibilidad ambiental en una Planta Industrial Metalúrgica, Lima

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORA

Ana Maria Quispe Yuncattupa

ASESORA

María Eugenia del Carmen Viloría Ortín

Lima, Perú

2024

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos del autor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (obligatorio)	

Datos del Jurado

Datos del presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos de la obra

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma (Normal ISO 639-3)	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).



UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA

ACTA N° 002-2024-UCSS/FIA-JD

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR AL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

Siendo las 16:00 horas del día miércoles 07 de febrero de 2024, a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, integrado por:

Juan José Monroy Ramos
Héctor Andrés Agosto Otero

se reunió para la sustentación virtual del Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **“Mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales para la recuperación de metales valiosos que permita la sostenibilidad ambiental en una Planta Industrial Metalúrgica, Lima”** que presenta la bachiller en Ingeniería Ambiental, **Ana Maria Quispe Yuncattupa**, cumpliendo así con los requerimientos de presentación y sustentación de un trabajo de suficiencia profesional original, para obtener el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado lo declara:

APROBADO

En mérito al resultado obtenido, se eleva la presenta Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare EXPEDITA, para conferirle el título profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

Lima, 07 de febrero de 2024

En señal de conformidad firmamos,

Juan José Monroy Ramos

Héctor Andrés Agosto Otero

Anexo 2

CARTA DE CONFORMIDAD DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Ciudad, 08 de febrero de 2024

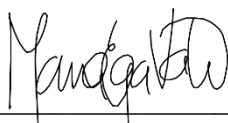
Señor,
José Victor Ruíz Ccance
Jefe del Departamento Académico
Facultad de Ingeniería Agraria UCSS

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que el trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con título: “Mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales para la recuperación de metales valiosos que permita la sostenibilidad ambiental en una Planta Industrial Metalúrgica, Lima”, presentado por Ana Maria Quispe Yuncattupa, (código de estudiante 2013100261, y DNI 70066257) para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 0 %**. Por tanto, en mi condición de asesor, firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



Firma del Asesor (a)

DNI N° 48790612

ORCID: 0000-0002-4138-638X

Facultad de Ingeniería Agraria - UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN.....	10
TRAYECTORIA DEL AUTOR	12
I. EL PROBLEMA.....	15
1.1. Planteamiento del problema	15
1.1.1. Problema principal	19
1.1.2. Problemas secundarios	19
1.2. Objetivos	19
1.2.1. Objetivo General	19
1.2.2. Objetivos específicos	20
1.3. Justificación.....	20
1.4. Alcances y limitaciones.....	21
1.4.1. Alcances	21
1.4.2. Limitaciones.....	22
II. MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes	23
2.2. Bases teóricas	25
2.2.1. Tratamiento de las aguas residuales	25
2.2.2. Los metales pesados en las aguas residuales	26
2.2.3. Marco normativo	26
2.2.4. Clasificación de los residuos sólidos peligrosos.....	27
2.3. Definición de términos básicos	27
2.3.1. Aguas residuales	27
2.3.2. Efluente.....	27
2.3.3. Lodos Residuales	28
2.3.4. Material de descarte	28
2.3.5. Planta de tratamiento de aguas residuales	28
2.3.6. Reaprovechamiento	28
2.3.7. Residuos sólidos peligrosos	28

2.3.8. Sistema de Gestión Ambiental.....	29
2.3.9. Sistema de Tratamiento de aguas residuales	29
2.3.10. Sostenibilidad	29
III. PROPUESTA DE SOLUCIÓN	30
3.1. Metodología de la solución	30
3.1.1. Planificar.....	31
3.1.2. Hacer.....	35
3.1.3. Verificar.....	36
3.1.4. Actuar	36
3.2. Desarrollo de la solución.....	36
3.2.1. Informar a la alta dirección.....	37
3.2.2. Asignación del equipo técnico.....	37
3.2.3. Caracterización efluentes industriales	37
3.2.4. Resultados del análisis de efluentes industriales	38
3.2.5. Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.....	38
3.2.6. Visita técnica de asesoría externa	39
3.2.7. Presentación de informe de asesoría externa	39
3.2.8. Presentación y aprobación del diseño de la PTAR.....	39
3.2.9. Implementación de la PTARI	40
3.2.10. Búsqueda de EO-RS / Empresa tercera	40
3.2.11. Capacitación sobre el proceso del sistema de gestión de aguas residuales industriales y segregación de residuos sólidos	40
3.2.12. Búsqueda de aliados externos	40
3.2.13. Programa de mantenimiento de la PTARI.....	40
3.2.14. Pruebas de efectividad del sistema	41
3.2.15. Recuperación de lodos residuales.....	41
3.2.16. Recuperación de carbón activado	42
3.2.17. Presentación de resultados	42
3.2.18. Presentación de ganancias	42
3.2.19. Mejoramiento del almacén de RR.SS.....	43
3.2.20. Implementación de puntos de acopio	43
3.3. Factibilidad técnica-operativa	43
3.4. Cuadro de inversión	44

IV. ANÁLISIS CRÍTICO	46
4.1. Análisis de costos – beneficio	46
V. APORTES MÁS SIGNIFICATIVOS A LA EMPRESA	49
VI. CONCLUSIONES	50
VII. RECOMENDACIONES	52
REFERENCIAS	53
ANEXOS	59

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama del sistema de gestión ambiental.....	14
Figura 2. Ciclo PHVA y los ocho pasos para la resolución de problemas	30
Figura 3. Diagrama de Pareto	31
Figura 4. Identificación de las causas del problema.....	33
Figura 5. Diagrama de Ishikawa.....	34
Figura 6. Caracterización de aguas residuales industriales	38
Figura 7. Comparación del gasto de inversión e ingresos de la PTARI.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Insumos químicos utilizados en los procesos de la organización.....	15
Tabla 2. Tipos de tratamiento de aguas residuales	25
Tabla 3. Costo de inversión de la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.....	44
Tabla 4. Costo Mensual del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.....	45
Tabla 5. Estimación por recaudación de ingresos de oro y plata	47

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Flujo de vertimiento de agua residuales industriales	59
Anexo 2. Plan de Manejo Ambiental aprobado en el año 2018	60
Anexo 3. Matriz de análisis FODA	63
Anexo 4. Matriz de Asignación de Responsabilidades (RASCI).....	64
Anexo 5. Diagrama de Gantt	65
Anexo 6. Resultado de la caracterización de efluentes	67
Anexo 7. Primera propuesta de diseño de la PTARI.....	68
Anexo 8. Resultados e informe de la empresa de asesoría externa	69
Anexo 9. Propuesta de diseño del asesor externo.....	74
Anexo 10. Programa de Limpieza y Mantenimiento de la PTARI	78
Anexo 11. Pruebas de efectividad del sistema de PTARI	79
Anexo 12. Resultados de monitoreo de efluentes con laboratorio ambiental externo	80
Anexo 13. Resultados del primer muestreo de lodos	83
Anexo 14. Resultados del primer muestreo de carbón	84
Anexo 15. Precio de venta del Au, Ag y Cu en mayo del 2020.....	85
Anexo 16. Plano de puntos de segregación	87
Anexo 17. Matriz de seguimiento de generación de residuos sólidos.....	88
Anexo 18. Registros fotográficos	89

RESUMEN

El uso de insumos químicos peligrosos para recuperar metales valiosos utilizados en la industria metalúrgica, tales como el oro y la plata, puede deteriorar el ambiente con emisiones atmosféricas y contaminación por residuos sólidos y efluentes. El presente trabajo describe las medidas de acción tomadas para solucionar problemas ambientales en una organización, y que, a la vez, permiten el autofinanciamiento de todo el sistema de gestión ambiental. Los problemas ambientales que debían ser resueltos como prioridad fueron: la deficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales, el inadecuado manejo de residuos peligrosos y la falta de financiamiento para costear los gastos del sistema de gestión ambiental. De manera que, se planteó la estrategia de recuperar oro, plata y cobre del sistema de tratamiento de aguas residuales, toda vez que se demostró que los efluentes contenían remanentes de estos minerales valiosos. La organización en cuestión ya contaba con un diseño de tratamiento de aguas residuales que no era ejecutado; por esta razón, la propuesta de mejora incluyó la implementación de carbón activado, el uso de peróxido de hidrógeno y la adición de un tanque de aireación. De esta manera, se cumplió con las normas legales, la reducción de la contaminación del ambiente y la disminución de costos por la implementación de todo el sistema de gestión ambiental. Así también, el análisis costo beneficio de los resultados fueron favorables; en el primer mes se recuperó 3667.52 dólares que, a partir de la fecha, permitió financiar todas las actividades pendientes y programadas en el instrumento de gestión ambiental. Con ello quedó demostrado que es posible resolver problemas ambientales y no generar gastos a una organización, y tener trabajadores satisfechos desarrollándose en espacios saludables cuidando el ambiente.

Palabras Clave: gestión ambiental, aguas residuales, lodos residuales, residuos sólidos, metales valiosos.

ABSTRACT

The use of hazardous chemical inputs to recover valuable metals used in the metallurgical industry, such as gold and silver, can damage the environment through atmospheric emissions and pollution from solid waste and effluents. The present work describes the action measures taken to solve environmental problems in an organization, which, at the same time, allow the self-financing of the entire environmental management system. The environmental problems to be solved as a priority were: the deficiency of the wastewater treatment system, the inadequate management of hazardous waste, and the lack of financing to cover the costs of the environmental management system. Therefore, the strategy of recovering gold, silver and copper from the wastewater treatment system was proposed, since the effluents were shown to contain remnants of these valuable minerals. The organization in question already had a wastewater treatment design that was not being implemented; for this reason, the improvement proposal included the implementation of activated carbon, the use of hydrogen peroxide and the addition of an aeration tank. In this way, legal regulations were complied with, environmental contamination was reduced, and costs were reduced by implementing the entire environmental management system. Also, the cost-benefit analysis of the results was favorable; in the first month, US\$3667.52 was recovered, which, as of this date, allowed financing all pending and programmed activities in the environmental management tool. This demonstrated that it is possible to solve environmental problems and not generate expenses for an organization, and that it is possible to have satisfied workers working in healthy spaces while taking care of the environment.

Keywords: environmental management, wastewater, sewage sludge, solid waste, valuable metals.

INTRODUCCIÓN

Los procesos de producción desarrollados por actividades como la explotación minera, petrolera, energía, industria manufacturera y el narcotráfico, son los mayores generadores de residuos sólidos peligrosos (Bustios *et al.*, 2013). En efecto, cada año se producen entre 300 y 500 millones de toneladas de residuos peligrosos, y en los últimos 30 años, su volumen se ha incrementado en un 500 % (*National Geographic*, 2022). El Sistema de Información de Gestión de Residuos Sólidos (SIGIERSOL), reportó que para el año 2022 se generó 756855,66 toneladas de residuos sólidos peligrosos en el Perú. Una parte de estos residuos peligrosos se producen en las industrias y se vierten al agua sin ningún tipo de tratamiento previo, contaminando así los recursos hídricos disponibles (Rodríguez *et al.*, 2006).

La contaminación del agua ocurre cuando sustancias nocivas (químicos o microorganismos) degradan la calidad del agua y la hacen más tóxica para los seres humanos y el medio ambiente (NRDC, 2023). Esto “se debe fundamentalmente a la contaminación por efluentes provenientes de las actividades productivas de la industria, sobre todo la industria minero-metalúrgica” (Espinoza, 2010). Cuando se hace referencia a efluentes industriales, se debe destacar que, sus características principales son el gran volumen de descarga y la alta concentración de sustancias contaminantes, como los metales pesados, productos químicos orgánicos e inorgánicos, aceites y grasas (Anaya y Zegarra, 2015). De igual manera, su vertimiento no siempre se dirige a la red de alcantarillado, y de las aguas que son vertidas a esta, no todas reciben un tratamiento antes de llegar a los cuerpos de aguas receptores (Clima de Cambios PUCP, 2018). Además, en cuanto a su tratamiento, la efectividad depende de la comprensión que se tenga sobre los requerimientos de calidad de aguas que se busca lograr (Ramírez *et al.*, 2013)

El ente rector del Sistema Nacional de Gestión Ambiental es el Ministerio del Ambiente (MINAM) creado en el año 2008 con la aprobación del Decreto Legislativo N° 1013. Con este ministerio se crea el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), quien es el encargado de evaluar, supervisar, controlar, fiscalizar y sancionar en materia ambiental. Es decir, garantiza el cumplimiento de la legislación ambiental y de los

instrumentos de gestión ambiental en el Perú (Conexión ESAN, 2016). Cuando se hace referencia al sector Industria Manufacturera y Comercio Interno, la norma que se encarga de velar por la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales es el Decreto Supremo N° 017-2015-PRODUCE, que aprobó el Reglamento de Gestión Ambiental para la Industria Manufacturera y Comercio Interno (MINAM, 2015).

El mencionado reglamento refiere que, “antes de desarrollar sus actividades, por normativa, las empresas, como las de la industria manufacturera y comercio interno, deben contar con instrumentos de gestión ambiental preventivos aprobados, como medida para salvaguardar el medioambiente” (Herrera Guerra, 2022). Sin embargo, contar con un instrumento de gestión ambiental no asegura que la empresa cumpla por completo con todos sus compromisos ambientales. Para García (2022), existe ineficacia de fiscalización ambiental en el sector producción, toda vez que se han visto favorecidos por la flexibilidad y ampliación de plazos en sus normas. Esta situación fomenta la despreocupación de los líderes organizacionales para resolver los problemas ambientales que sus actividades generan.

En el presente informe se demostrará como el sistema de gestión ambiental en una organización pudo autofinanciarse. Para esto, fue necesario el análisis del contexto de la organización, los recursos con los que se contaba y las barreras que se tenían que derribar. Resolver uno de los problemas, como el mal tratamiento de aguas residuales industriales, nos permitió que de manera progresiva se cumplieren con todos los compromisos del instrumento de gestión ambiental y la normativa legal vigente. Además, benefició a los trabajadores, el ambiente y gastos por multas impuestas.

TRAYECTORIA DEL AUTOR

El proyecto se desarrolló en una planta industrial cuyas actividades son el análisis químico de muestras de mineral, desorción de carbón activado, refinera y fundición de oro y plata. Su ubicación se encuentra en la zona urbana del norte de Lima, cuya población es de 416 531 habitantes en un área superficial de 71.18 Km². Esta planta industrial cuenta con un estudio de impacto ambiental actualizado, que fue aprobado en el año 2018 por la Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria (DGAAMI) del Ministerio de la Producción (PRODUCE). Su Informe Técnico Legal presenta como anexos el Plan de Manejo Ambiental, el Programa de Monitoreo Ambiental y el cuadro de seguimiento para la presentación de Reportes Ambientales.

De acuerdo con el estudio de impacto ambiental, la organización se ubica en una zona industrial. Tiene servicios de energía eléctrica, agua potable y alcantarillado, pero no cuenta con pistas y veredas. Además, por el lado derecho se encuentra una empresa que realiza actividades de manufactura, por la izquierda una vivienda de un piso, por el frente viviendas cuyas familias se dedican a actividades de reciclaje y por la parte posterior una empresa cuya actividad se desconoce. También es preciso decir que, en zonas aledañas a la ubicación existen una posta médica, un comedor popular, estaciones de buses y pequeños negocios.

En cuanto a sus permisos, la organización tiene licencia de funcionamiento. También se encuentra inscrita en el registro de usuarios de insumos químicos y bienes fiscalizados, debido al tipo de productos primarios que utiliza en sus procesos productivos. Además, tiene permiso para ejecutar servicios de transporte terrestre de materiales y/o residuos peligrosos por carretera, otorgado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Sus características comerciales le han permitido posicionarse en el mercado como una empresa líder en su rubro.

En este contexto, me desempeñé como analista de medio ambiente en el área de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente (SSOMA). El puesto de trabajo me permitió liderar el sistema de gestión ambiental de la organización que, para el año 2020, contaba con cinco sedes distribuidas en tres departamentos a nivel nacional.

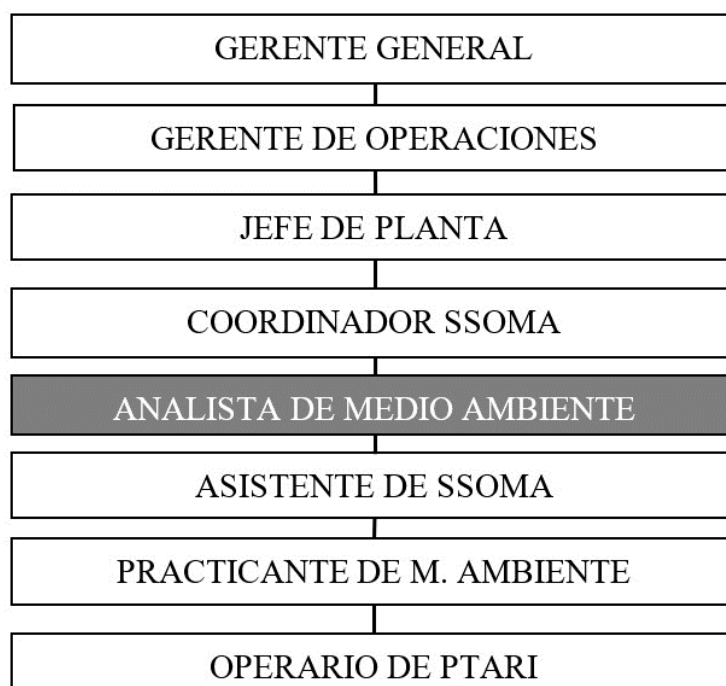
Las actividades específicas desarrolladas como analista de medio ambiente en el área de SSOMA fueron las siguientes:

- Comunicar a la alta dirección sobre las responsabilidades legales y las sanciones que podrían afectar a la empresa en caso de incumplimiento.
- Planificar, ejecutar y supervisar el sistema de gestión ambiental través de la búsqueda de estrategias eficientes para el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.
- Elaborar herramientas de gestión ambiental para el control de impactos ambientales significativos.
- Buscar aliados estratégicos para ejecutar actividades de sensibilización en favor de los trabajadores.
- Gestionar el adecuado manejo de residuos sólidos incluyendo la recuperación de material de descarte y valorización de residuos sólidos reaprovecharles.
- Coordinar, gestionar y proponer mejoras para el tratamiento de aguas residuales industriales y emisiones atmosféricas.
- Gestionar la ejecución de los Monitoreos Ambientales.
- Informar, comunicar y reunirse con las autoridades medio ambientales con el fin de cumplir la normativa legal vigente.

Como se detalla en la Figura 1, desarrollé mis actividades bajo la supervisión del coordinador de SSOMA, teniendo a mi cargo dos asistentes, un operario de tratamiento de aguas residuales y un practicante.

Figura 1

Organigrama del sistema de gestión ambiental



Nota. Elaboración propia.

I. EL PROBLEMA

1.1.Planteamiento del problema

La planta industrial donde se desarrolló la recuperación de metales valiosos como el oro y la plata, evidenciaba acumulación de residuos sólidos, emisiones atmosféricas y vertimiento de aguas residuales de manera irregular. Dichos contaminantes son generados por los insumos químicos utilizados en cada uno de sus procesos productivos. Por esta razón, durante la declaración del uso de insumos y materiales en su estudio de impacto ambiental, se informaron sobre los 16 insumos químicos que se utilizan en la mencionada planta. En la Tabla 1 se describen los insumos químicos que son utilizados regularmente.

Tabla 1

Insumos químicos utilizados en los procesos de la organización

PROCESO	INSUMO
Desorción de carbón activado	Cianuro de Sodio
	Soda Caustica
	Alcohol etílico
	Ácido Clorhídrico
Refinación y Fundición	Ácido Nítrico
	Ácido Sulfúrico
	Hidróxido de Amonio
	Cloruro de Sodio
	Polvo de Zinc
	Bórax
Análisis Mineral	Carbonato de Sodio
	Bórax
	Sílice
	Carbonato de Sodio
	Ácido Nítrico
Ácido Clorhídrico	

Nota. Obtenido de la modificatoria del estudio de impacto ambiental de la empresa (2018).

La organización regula y declara el uso de insumos químicos, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 14 de la Ley N° 29037, Ley que modifica la Ley N° 28035, que corresponde a la Ley de control de insumos químicos y productos fiscalizados. Estos se encuentran almacenados adecuadamente y cuentan con procedimientos de trabajo seguro. El objetivo es proteger al trabajador durante su uso y/o manipulación. Sin embargo, ello no exime que no se generen residuos sólidos peligrosos, se emitan como gases a la atmósfera o se encuentren presentes en los efluentes.

En cuanto a sus procesos, en la desorción de carbón activado el uso del cianuro y la soda cáustica en condiciones de alta temperatura y presión, que son puestas en contacto con el carbón activado, recuperan oro y plata de los poros y sitios activos del carbón. Una vez obtenido los metales valiosos, se recuperan los valores de solución de cianuro cáustico por medio de operaciones electromagnéticas (Martínez, 2012). En ese mismo contexto, en el proceso no solo se obtienen componentes de oro y plata, que, si bien su recuperación es el objetivo principal de la empresa, este presenta otros elementos como Cu, Pb, Zn, As, Sb, Bi y Fe. Dichos elementos, al igual que el oro y plata, se desprenden del carbón activado.

Para Rosas (2001) “los componentes químicos potencialmente más tóxicos son los metales pesados, y entre ellos Sb, As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Se, Zn” (p.4); el autor también refiere que “la minería, los procesos industriales y los residuos no domésticos aportan metales al aire, agua y suelo” (p.4). Asimismo, Chávez (2011) indica que la peligrosidad de los metales pesados es mayor al no ser biológicamente degradables y pueden permanecer en el ambiente por cientos de años. El problema se agrava cuando su concentración en los seres vivos aumenta a medida que son ingeridos por otros. Por esta razón, la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación, ceguera, amnesia, raquitismo, miastenia, por mencionar algunos, y en ocasiones, hasta la muerte.

Un aspecto importante que resaltar es que, en el proceso de desorción de carbón activado, la solución de cianuro cáustico recircula en los reactores hasta que pierda sus componentes, y con ello, son dispuestos en cisternas antiácidas y anticorrosivas. Esta solución presenta

remanentes de metales, cianuro, soda cáustica y ácido clorhídrico. Asimismo, una vez extraídos todos los minerales del carbón activado, queda un desecho denominado carbón en desuso, que es dispuesto con una empresa operadora de residuos sólidos (EO-RS), como residuo peligroso. En otras circunstancias, dependiendo de sus características, el carbón que ha pasado por el proceso de desorción puede ser reactivado químicamente. Para que esto suceda, se dispone el carbón en un reactor con solución de ácido clorhídrico para que posteriormente sea enjuagado. Finalizado el proceso, se generan efluentes que son dirigidos a otra cisterna antiácida.

Otro de los procesos ejecutados en la organización es la refinación de oro. Para Ruiz *et al.* (2017), la refinación de oro sirve para eliminar otros metales e impurezas. Por esta razón, se hace uso de insumos químicos como el ácido nítrico y ácido sulfúrico por considerarse más eficientes y de costo apropiado. Sin embargo, el ácido nítrico es tóxico, corrosivo, deteriora las mucosas, mancha la piel de amarillo y puede ocasionar graves quemaduras. Además, en el medio ambiente, es responsable de formar parte de las lluvias ácidas. López (2000) indica que, los procesos realizados en fundiciones y refinación producen contaminación ambiental como desechos líquidos, conteniendo sustancias metálicas, reactivos químicos, ácidos, desechos de petróleo y derivados, entre otros. Cuando se trata de desechos sólidos, en refinación de oro se presentan sustancias mineras sin valor comercial como las escorias, que son piedras de metales fundidos. Las escorias contienen un alto grado de toxicidad y requieren un tratamiento especial. En cambio, en el proceso de fundición de oro se generan crisoles en desuso, que inicialmente son utilizados en la eliminación de impurezas al momento de obtener el mineral valioso. Al culminar el proceso de fundición, los crisoles contienen insumos químicos y remanentes de otros metales, y a menudo se desintegran en el horno por las altas temperaturas (Barrientos, 2003).

En el caso de análisis metalúrgicos se generan efluentes y residuos sólidos peligrosos. Cuando hacemos referencia de los efluentes, estos se presentan en pequeñas cantidades y van directamente a las cisternas antiácidas de refinación y fundición. No obstante, el problema principal en este proceso son las copelas contaminadas que se usan en cada análisis. Las copelas están expuestas a insumos químicos y metales pesados, y su exposición sin un

adecuado manejo de residuos, no solo afecta al medio ambiente sino también a los trabajadores. Solano y Cabrera (2020) indican que la razón por la que se generan los desechos en los laboratorios para la cuantificación de oro, es que se utilizan reactivos que actúan como fundentes, donde uno de sus componentes es el óxido de plomo en procesos de vía seca, generando como residuo las copelas donde queda adsorbido el plomo.

Como se ha descrito, los procesos productivos de la organización acumulan de residuos contaminados como crisoles, copelas y escorias. En la planta industrial, este tipo de residuos eran dispuestos en latas de cianuro y ubicados en un área libre, a la espera de su disposición final como residuos sólidos peligrosos. A su vez, se acumulaba el lodo residual que era retirado manualmente y depositado en costales junto a las escorias, copelas y crisoles. De esta manera se acumulaban grandes cantidades de residuos sólidos peligrosos a los que estaban expuestos los trabajadores. Además, el contacto de los residuos sólidos peligrosos con los residuos comunes y/o reaprovechables, ocasionaban el inadecuado manejo de estos residuos al disponerse en el camión recolector.

Otro problema es la generación de aguas residuales industriales con contenido de insumos químicos peligrosos. Como ya se mencionó en líneas anteriores, las aguas residuales generadas en los procesos se dirigían a unas cisternas antiácidas y anticorrosivas, ya que requiere de un manejo para su vertimiento en el alcantarillado. La solución que la empresa planteó en dicho momento, fue emplear el uso de coagulantes y floculantes para que, producto de la precipitación, se separe el material particulado (lodo residual) del agua o clarificado. Consecuentemente, se vertía el agua o clarificado en la red de alcantarillado del distrito y el lodo residual era dispuesto como residuo peligroso.

El tratamiento de efluentes industriales, al igual que el almacenamiento de residuos sólidos, se describen en el Plan de Manejo Ambiental del instrumento de gestión ambiental de la planta industrial. Sin embargo, sus actividades de manejo no han sido ejecutadas en su totalidad. Peor aún, el análisis comparativo entre lo que se había declarado respecto al manejo de aguas residuales y lo que se ejecutaba en la realidad, era totalmente diferente. De

modo que, se encontraba sujeto a fiscalización por parte del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), recordando que este tiene la potestad de sancionar a las empresas cuyas actividades impacten de manera negativa con el medio ambiente.

En este sentido, la organización se encontraba incumpliendo diferentes normas legales nacionales y sectoriales. Los residuos sólidos peligrosos, al ser dispuestos con una Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS), al menos contaban con un tratamiento. No obstante, el problema que requería atención inmediata era el vertimiento de aguas residuales al alcantarillado.

1.1.1. Problema principal

Deficiente tratamiento de aguas residuales industriales con remanentes de metales e insumos químicos vertidos directamente al alcantarillado.

1.1.2. Problemas secundarios

- Desconocimiento de la gerencia general sobre el cumplimiento de la normativa vigente genera la reducida asignación del presupuesto al sistema de gestión ambiental en comparación con las áreas productivas.
- Inadecuado almacenamiento de residuos peligrosos y no peligrosos que afectan a los trabajadores
- Ausencia de sensibilización a los trabajadores respecto al cuidado del medio ambiente.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Mejorar el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales con remanentes de metales e insumos químicos vertidos directamente al alcantarillado.

1.2.2. Objetivos específicos

- Capacitar a la gerencia general sobre el cumplimiento de la normativa vigente y proponer estrategias que permitan el incremento de la asignación del presupuesto al sistema de gestión ambiental
- Mejorar el almacenamiento de residuos peligrosos y no peligrosos para evitar la exposición de los trabajadores a la acumulación de residuos sólidos peligrosos que causan malos olores y enfermedades
- Sensibilizar a los trabajadores respecto al cuidado del medio ambiente.

1.3. Justificación

El deficiente manejo de impactos ambientales de las empresas manufactureras en el país, sobre todo en la ciudad de Lima, ha causado preocupación en la mayoría de habitantes que se localizan en áreas urbanas donde las actividades económicas principales son el comercio y la manufactura (Plan de Desarrollo Concertado de Lima Metropolitana 2023 - 2035, 2023). De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2019), el número de empresas manufactureras en Lima es de 92,893, que representa el 9.4 % de la actividad económica. Para García (2022), es importante la relación entre el medio ambiente y los conflictos sociales; es así que, a pesar que las autoridades sectoriales aprueben instrumentos de gestión ambiental, ello no elimina totalmente la oposición de la población ante el desarrollo de las actividades extractivas o industriales.

En el informe emitido en junio del año 2022 por la Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento (SUNASS), se detalló que 36 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de descargas no domésticas, que representan el 20 % del total, contienen afluentes que sobrepasan uno o más parámetros de valores máximos admisibles (VMA). SUNASS también informó que para el caso del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (Sedapal), solo el 40 % de sus afluentes cumplen con los valores máximos admisibles establecidos (VMA). Sedapal es la empresa prestadora de servicios que se encarga del

saneamiento en Lima. Por ello, es importante conocer la mala calidad de afluentes que llegan a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de una empresa. De esta manera, es posible diseñar la mejor alternativa para el tratamiento de aguas antes del vertimiento.

Este proyecto contribuye con resolver el problema de la contaminación ambiental por el vertimiento de efluentes industriales al alcantarillado. Dado que el exceso de concentración de sustancias químicas presentes en este tipo de aguas residuales causa daño inmediato o progresivo a la infraestructura sanitaria y a los cuerpos de agua receptores, el manejo de residuos sólidos y el adecuado tratamiento de efluentes industriales no solo reducirá los contaminantes generados, sino que, puede ser una fuente de ingresos que permite el autofinanciamiento del sistema de gestión ambiental. En los siguientes puntos se describen los alcances y limitaciones para su ejecución.

1.4. Alcances y limitaciones

1.4.1. Alcances

Los alcances identificados para el desarrollo de este proyecto son los siguientes:

- El autofinanciamiento como estrategia que permitió cumplir con todas las actividades que demanda el sistema de gestión ambiental.
- El proyecto benefició a los trabajadores, pues al mejorar el sistema de tratamiento de aguas residuales, pudieron desarrollar sus actividades en un ambiente adecuado, más ordenado y agradable.
- La alta gerencia apoya y estimula el sistema de gestión ambiental al no demandar gastos y, por lo contrario, generar los ingresos necesarios.

1.4.2. Limitaciones

Al inicio de este proyecto, la empresa no contaba con presupuesto asignado para el sistema de gestión ambiental, ya que se priorizaban las actividades productivas antes de que las actividades de medio ambiente. Esto se debía al desconocimiento de la gerencia general respecto al cumplimiento de la normativa legal vigente, que a su vez afectaba a los trabajadores, quienes no se sentían identificados con la educación para el cuidado del medio ambiente.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Espinoza (2003), realizó el artículo de investigación titulado “Tratamiento y disposición final de residuos industriales generados en una refinería” en la refinería Conchan, Lima, Perú. El mencionado estudio tuvo como objetivo establecer una alternativa de solución al problema del manejo de desechos como la borra y lodos petrolizados, a fin de no generar mayor costo de tratamiento. De esta manera, al analizar diferentes opciones de tratamiento, se llegó a la conclusión de que estos residuos, cuando están previamente acondicionados, pueden ser utilizados como combustible o en uso de asfalto. Asimismo, no basta con la aplicación de una sola de las tecnologías de tratamiento y que la alternativa que sea utilizada guardará relación con un análisis técnico económico y ambiental.

Juárez (2007), en su tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Materiales, en el estado de Hidalgo, México, realizó estudios de precipitación química para metales preciosos como el oro y plata en efluentes industriales utilizando agentes reductores como el $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$. Para ello, ejecutó un estudio cinético que tiene por finalidad efectuar los parámetros que afectan la velocidad de la precipitación de los metales. Los resultados de la investigación determinaron tiempos cortos para la recuperación de los metales preciosos. Consecuentemente, el autor afirma que la velocidad de la precipitación de plata incrementa cuando la concentración de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ y la temperatura, aumentan. De la misma manera, dicha velocidad disminuye cuando la concentración de cianuro aumenta, esto permite la recuperación del 99.7 % de plata. Para el caso del oro, el aumento de temperatura afecta la velocidad de precipitación de este metal, por lo que se propone el uso de tiosulfatos en el proceso de recuperación de oro, con el cual se alcanzó la recuperación del 99.2 %.

Fernández (2007) elaboró su tesis doctoral con el objetivo de proponer un método alternativo para la detoxificación del cianuro en aguas residuales de la mina El Valle, ubicada en Asturias, España. Los procesos para el tratamiento que se analizaron fueron la dilución,

degradación natural, oxidación química, precipitación y biodegradación. Se aplicó el permanganato de sodio como agente oxidante, para aguas residuales provenientes de procesos de cianuración con presencia de cobre, y en menor medida, hierro. En efecto, el investigador diseñó una propuesta de tratamiento de aguas residuales y realizó ensayos en el laboratorio. Posterior a ello, construyó una planta piloto para conocer los resultados de la propuesta en condiciones controladas. El autor concluye que el sistema, además de ser eficaz, es económico, y permite eliminar niveles elevados de cianuro.

Rupay (2016), en su tesis para optar por el título de Doctor en Seguridad y Control en Minería, utilizó el complejo $\text{CuSO}_4 - \text{H}_2\text{O}_2$ en los efluentes generados por los procesos de cianuración de oro, en la planta piloto metalúrgica de Yauris en Huancayo. En cuanto a ello, fue necesario ejecutar la caracterización de efluentes residuales con mineral de oro del yacimiento y determinar si es que el uso del complejo en cuestión es el adecuado para la degradación del cianuro. Los resultados de la caracterización de los efluentes presentaron valores de 102 mg/l de CN^- , que se encontraban por encima de los límites máximos permisibles. Asimismo, se logró demostrar con resultados positivos la neutralización del cianuro hasta en 1mg/l.

Acuña y Ramos (2017), en su tesis para optar por el título de Ingeniero de Minas en Ecuador, compararon el uso de ácido de Caro y peróxido de hidrógeno en el tratamiento de efluentes mineros con alto contenido de cianuro y metales pesados. El objetivo principal de esta investigación fue reducir la concentración de estos contaminantes a valores permitidos. Para ello, buscaron convertir el cianuro libre en cianato y reducir la concentración de metales pesados. En esta investigación, el peróxido de hidrógeno logró reducir las concentraciones de los metales pesados, como el Cu, por debajo de los límites permisibles para el país de Ecuador.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Tratamiento de las aguas residuales

Según Ramalho (2009), para el tratamiento de aguas residuales, la tecnología e implementación convencional están ligadas al nivel de la calidad del efluente. Por tanto, cuando no se mantiene una concentración constante del contaminante, es necesario asegurar un adecuado nivel de descarga que se encuentre por debajo de los límites permisibles con respecto a los estándares de calidad ambiental estipulados.

En la Tabla 2 se muestran los tipos de tratamientos de aguas residuales.

Tabla 2

Tipos de tratamiento de aguas residuales

TIPOS	CARACTERÍSTICAS
Tratamiento primario	Cribado o desbrozo.
	Sedimentación.
	Flotación.
	Separación de aceites.
	Homogeneización.
	Neutralización.
Tratamiento secundario	Lodos activados.
	Aireación prolongada.
	Estabilización por contacto.
	Modificaciones del sistema de lodos activados: aireación por fases, mezcla completa, aireación descendente, aireación con oxígeno puro, etc.
	Lagunaje de aireación.
	Estabilización del lagunaje.
	Filtros biológicos (percoladores).
	Discos biológicos.
	Tratamientos anaerobios: procesos de contacto.

Tratamiento terciario o “avanzando”	Micro tamizado.
	Filtración (lecho de arena, antracita, diatomeas).
	Precipitación y coagulación.
	Adsorción (carbón activado).
	Intercambio iónico.
	Ósmosis inversa.
	Electrodiálisis.
	Cloración y ozonización.
	Procesos de reducción de nutrientes

Nota. Elaboración propia partir de Ramalho (2009).

2.2.2. Los metales pesados en las aguas residuales

Según Tejada y Villabona (2015), en el proceso de bioadsorción, los principales metales que se encuentran en los efluentes industriales son el Cd, Zn, Cr, Ni, Hg y Pb. Estos iones metálicos son considerados potenciales devastadores de los ecosistemas y la salud humana; de ahí la necesidad de disminuir su concentración en los cuerpos de agua. En esa misma línea, el Fe, Ca, Mg o Mn, presentes en aguas residuales de la industria metalúrgica, pueden cambiar las características del agua en cuanto a olor, dureza, salinidad e incrustaciones.

2.2.3. Marco normativo

El marco normativo de obligatorio cumplimiento, que desconocía la empresa, es el siguiente:

- Ley General del Ambiente (Ley N° 28611 modificada por el Decreto Legislativo N° 1055).
- Ley General de Minería (Decreto Supremo N° 014 – 92 - EM).
- Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338) y su reglamento (Decreto Supremo N° 001-2010-AG).
- Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas (Decreto Supremo N° 010- 2010-MINAM).

- Modificatoria de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM).
- Reglamento de Gestión Ambiental para la Industria Manufacturera y Comercio Interno (Decreto Supremo N° 017 -2015 – PRODUCE).
- Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA).
- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM).
- Reglamento de Valores Máximos Admisibles (Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA).

2.2.4. Clasificación de los residuos sólidos peligrosos

El artículo 31 de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2017), establece que “los residuos se clasifican, de acuerdo con el manejo que reciben, en peligrosos y no peligrosos, y según la autoridad competente para su gestión, en municipales y no municipales”.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Aguas residuales

OEFA (2014), define a las aguas residuales como “aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado”.

2.3.2. Efluente

Moreno y Chaparro (2008) definen al efluente como “un gas o a un líquido que fluye, emana, escapa o diverge, fuera de su receptáculo inicial. Se aplica para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas o industrias” (p.27).

2.3.3. Lodos Residuales

Según Martínez *et al.* (2011), los lodos residuales son los residuos que quedan después del tratamiento de aguas residuales. Pueden contener sustancias tóxicas que al ser manejadas incorrectamente causan un impacto negativo en el ambiente. Pero si no tienen ninguna sustancia peligrosa, se pueden utilizar para mejorar la calidad del suelo y favorecer el crecimiento de las bacterias que degraden contaminantes.

2.3.4. Material de descarte

En el Artículo 4 del Decreto Supremo N° 001-2022-MINAM (2022), el material de descarte se define como “todo subproducto, merma u otro de naturaleza similar, que sea peligroso o no peligroso, que constituya un insumo directamente aprovechable en actividades del mismo rubro o giro, u otras actividades productivas, extractivas o de servicios”.

2.3.5. Planta de tratamiento de aguas residuales

En el artículo 2 del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM (2010), una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) es definida como “infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales”.

2.3.6. Reaprovechamiento

En el apartado 4.1 de definiciones operativas en la Norma Técnica de Salud: Gestión integral y manejo de residuos sólidos en establecimientos de salud, servicios médicos de apoyo y centros de investigación (2018), define reaprovechar como “el volver a obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte de este que constituye residuo sólido. Se reconoce como técnica de reaprovechamiento el reciclaje, recuperación o reutilización”.

2.3.7. Residuos sólidos peligrosos

En el anexo de definiciones de la Ley de gestión integral de Residuos Sólidos (2017) se define a los residuos peligrosos como “aquellos que por sus características o el manejo al

que son o van a ser sometidos representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente” (p.34).

2.3.8. Sistema de Gestión Ambiental

Según el Organismo de Certificación Global (2022), el sistema de gestión ambiental “sirve para mejorar el desempeño ambiental y desarrollar su trabajo de forma más eficiente en líneas generales. Un sistema de gestión ambiental es una poderosa herramienta para reducir los residuos y mejorar la eficiencia, sin sacrificar los beneficios”. Los mecanismos que permiten la ejecución de las políticas ambientales son instrumentos de gestión ambiental. Entre los instrumentos de Gestión Ambiental que existen se encuentran la Evaluación de Impacto Ambiental, la Planificación y Ordenamiento Territorial, la Educación Ambiental, entre otras. (OEFA, 2021).

2.3.9. Sistema de Tratamiento de aguas residuales

Según la Resolución Jefatural N° 151-2020-ANA, que aprueba el glosario de términos usados en la Ley de recursos hídricos N° 29338 (2020), se define al sistema de tratamiento de aguas residuales como un “Conjunto integrado de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos, que se utilizan con la finalidad de depurar las aguas residuales hasta un nivel tal que permita alcanzar la calidad requerida para su disposición final”.

2.3.10. Sostenibilidad

Según la Real Academia Española (2023), la sostenibilidad es “mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente”. Sin embargo, el concepto más aceptado ha sido la establecida por la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 1987) que la define como la “forma de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones.”

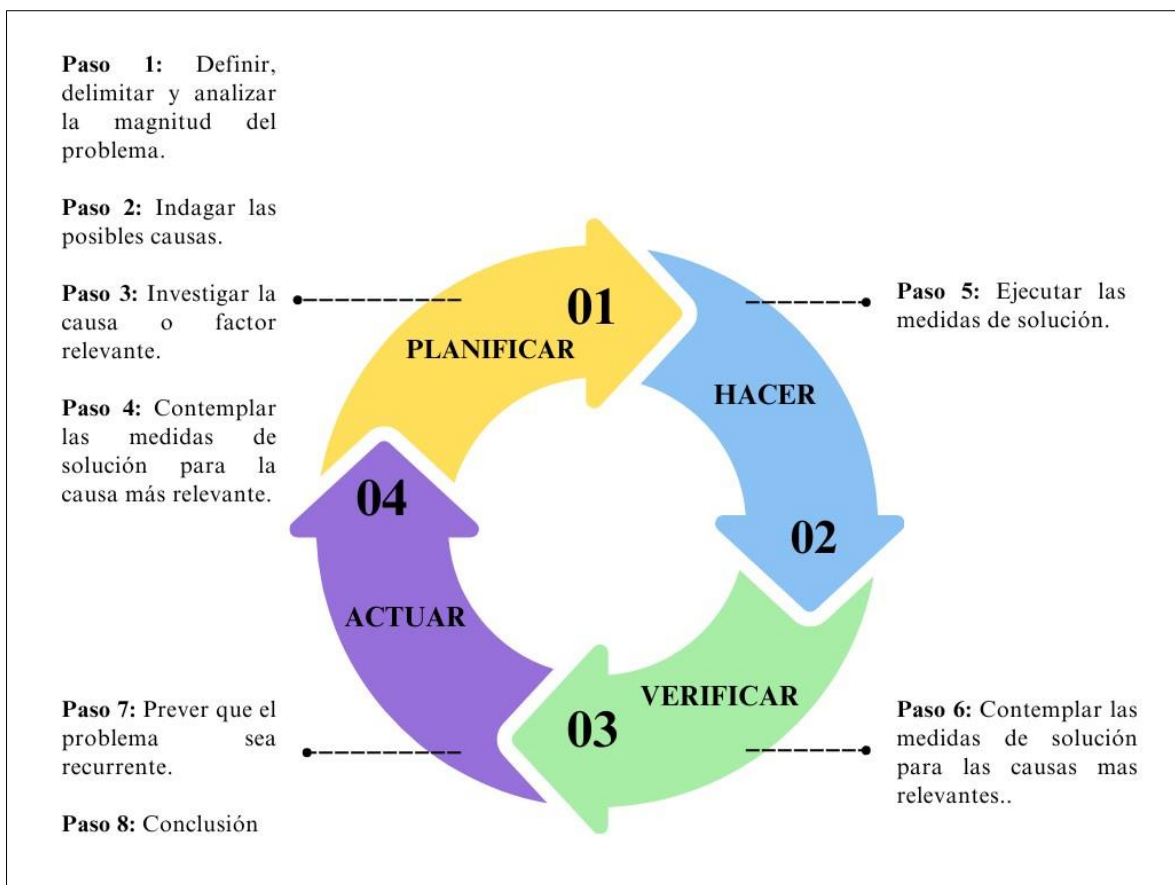
III. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

3.1. Metodología de la solución

La metodología utilizada para el desarrollo de la propuesta de solución es el ciclo PHVA o ciclo Deming, ya que es un método de mejora continua. De acuerdo con Quiroz (2019), el ciclo PHVA es muy útil porque permite estructurar y ejecutar proyectos en cualquier nivel jerárquico en una organización. Este método consta de cuatro etapas conformadas por ocho pasos para la solución de problemas. En la Figura 2 se puede visualizar las cuatro etapas del proceso de Deming y los ocho pasos a seguir, empezando por Planificar, Hacer, Verificar y finalmente Actuar, siendo la etapa de planificar la que contiene el mayor número de pasos.

Figura 2

Ciclo PHVA y los ocho pasos para la resolución de problemas



Nota. Implementación de la Metodología PHVA para incrementar la productividad en una empresa de servicios, 2019). Elaboración propia.

3.1.1. Planificar

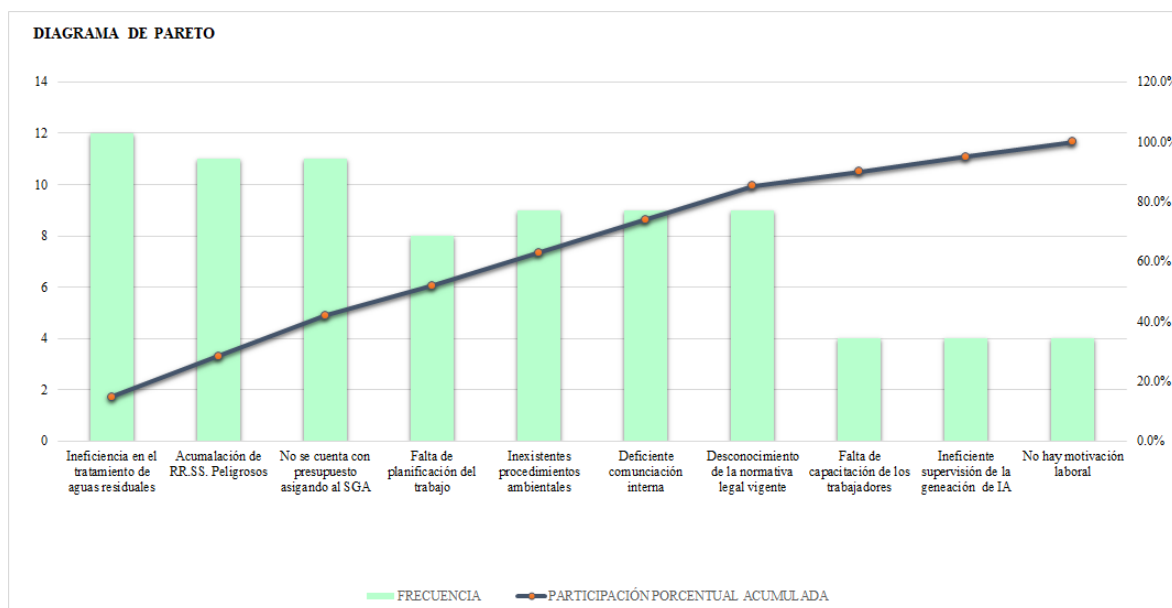
En esta etapa se identificó el problema y se analizó la manera en cómo debería ser resuelto.

- Paso 1. Definir, delimitar y analizar la magnitud del problema

Para este primer paso fue necesario elaborar el diagrama de Pareto, con el cual se analizaron los problemas más importantes de la organización. Como se puede observar en la Figura 3, se identificaron nueve problemas de los cuales el más relevante fue el ineficiente tratamiento de aguas residuales, seguido la acumulación de residuos sólidos peligroso y la falta de presupuesto. El objetivo principal es mejorar el sistema del tratamiento de aguas residuales industriales, mismo que se describe en el Anexo 1.

Figura 3

Diagrama de Pareto



Nota. Elaboración propia

La organización, en su estudio de impacto ambiental, declaró el manejo de efluentes industriales informando a la autoridad sectorial (PRODUCE) que haría uso de peróxido de hidrógeno para la degradación del cianuro antes del vertimiento. En la realidad, se contaba con tres cisternas antiácidas, un tanque mezclador y una poza donde se retiraban los lodos

residuales. No obstante, se ejecutaban malas prácticas como la omisión del uso del peróxido de hidrógeno o demasiada adición de cal. En ese contexto, se vertía agua de mala calidad al alcantarillado, el sistema de tratamiento de aguas colapsaba generando inundaciones e incrementaban los gastos en recursos de personal y compra de insumos.

El instrumento de gestión ambiental fue actualizado y aprobado en el 2018. Una de las observaciones impuestas por el equipo técnico evaluador, fue incluir un tanque de aireación al sistema de tratamiento de aguas residuales. La función de este equipo es reducir los valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el agua. En el Anexo 2 se puede observar el Plan de Manejo Ambiental de la actualización del instrumento de gestión ambiental.

- Paso 2. Indagar las posibles causas

En este punto nos enfocamos en conocer cuáles eran las causas y no las consecuencias de la ineficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales. En la Figura 4 se planteó doce posibles causas que impedían el adecuado tratamiento de aguas residuales industriales, haciendo uso de lluvia de ideas.

Figura 4

Identificación de las causas del problema



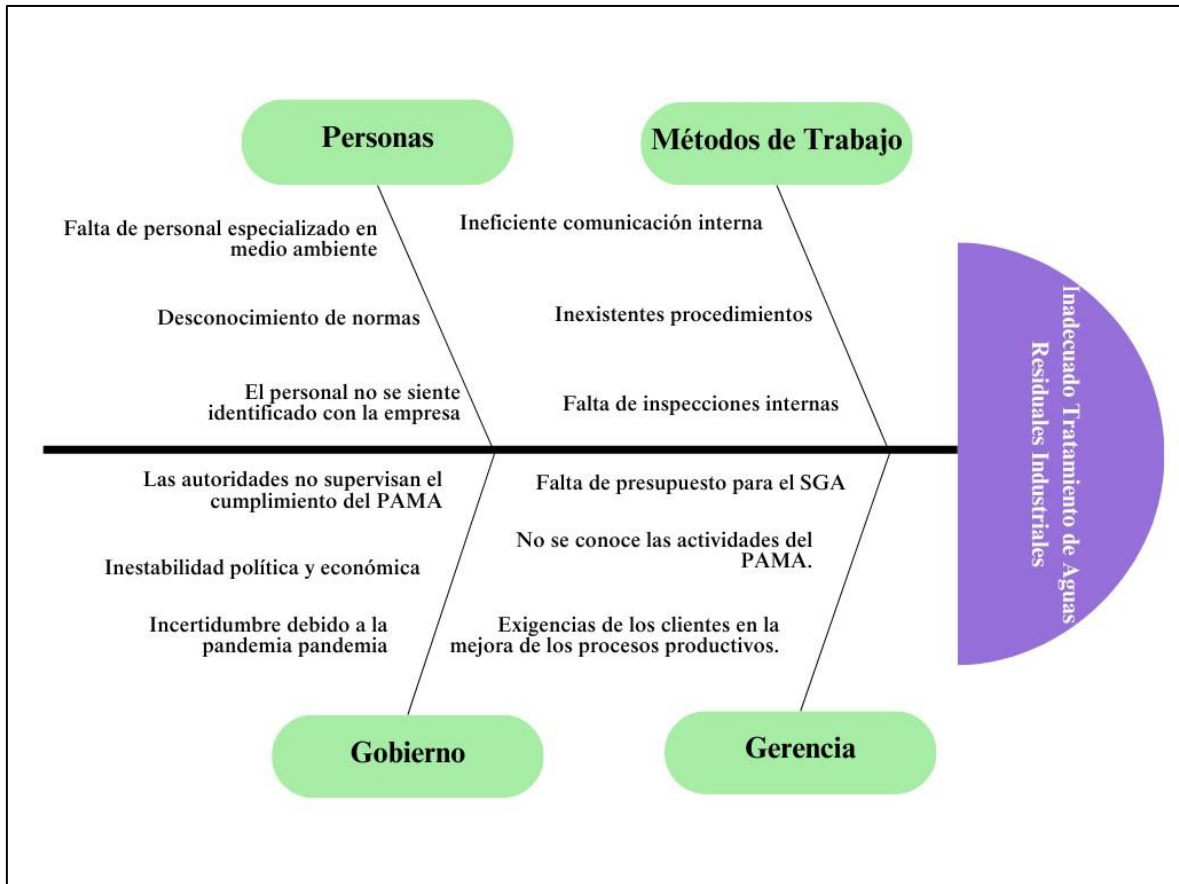
Nota. Elaboración propia.

- Paso 3. Investigar la causa o factor relevante

Las causas más importantes identificadas se evaluaron con el diagrama de Ishikawa. Como se puede apreciar en la Figura 5, los criterios identificados para este proyecto fueron personas, métodos de trabajo, gobierno y gerencia. En cada uno de los criterios se jerarquizaron las causas identificadas en la lluvia de ideas, siendo las más relevantes, la falta de inspecciones internas y de presupuesto para el sistema de gestión ambiental.

Figura 5

Diagrama de Ishikawa



Nota. Elaboración propia

- Paso 4. Contemplar las medidas de solución para las causas más relevantes

Para proponer las medidas de solución ante los problemas presentados, se empezó por elaborar la matriz de análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA). Esta matriz se encuentra detallada en el Anexo 3, donde se identificaron cinco fortalezas, seis oportunidades, cuatro debilidades y cuatro amenazas. Destacó como fortaleza principal, que la empresa contaba con su propio laboratorio de análisis metalúrgico que permitió analizar los componentes de lodos residuales y los efluentes industriales. También se tuvo fácil accesibilidad al carbón activado, que es utilizado en la absorción de metales, y que podían ser recuperados en los procesos de desorción de carbón activado de la empresa.

Por otro lado, la organización no recuperaba cobre u otros metales, pero si se tenía conocimiento de empresas que compran lodos residuales para recuperar los remanentes de metales. En cuanto a las debilidades y amenazas, se identificaron problemas como la desconfianza de la alta dirección en compartir información de sus procesos y patentes, incremento de competidores y los problemas sociales.

Se decidió informar a la alta gerencia respecto a sus responsabilidades legales con el medio ambiente y sus colaboradores. Asimismo, se propuso diseñar la alternativa más sostenible para el tratamiento de aguas residuales industriales, buscar estrategias para la mejora del manejo de lodos residuales industriales y sensibilizar al personal respecto al cuidado del medio ambiente.

3.1.2. Hacer

- Paso 5. Ejecutar medidas de solución

En esta etapa se establecieron las responsabilidades detalladas en la matriz de Asignación de Responsabilidades (matriz RASCI). La gerencia general conformó el equipo técnico tomando en cuenta las especialidades de cada área de trabajo. La finalidad fue diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para el control del vertimiento de contaminantes y recuperación de metales valiosos. La matriz RASCI se puede apreciar en el Anexo 4.

Consecuentemente se realizó la caracterización de efluentes y lodos residuales industriales para conocer sus componentes. Al obtener resultados positivos se recuperaron remanentes de oro y plata. En paralelo, se realizó la búsqueda de compradores para la comercialización de lodos residuales industriales. Para ello, se tomaron en cuenta requisitos que tenían que cumplir las empresas como permisos, procedimientos, seguros de riesgo de sus trabajadores, entre otros.

3.1.3. Verificar

- Paso 6. Contemplar las medidas de solución para las causas relevantes

En esta etapa se evaluó la eficacia de las medidas de remedio y su impacto en términos monetarios. Instalados los nuevos equipos y mejorado el sistema de tratamiento de aguas residuales industriales; se trabajó en las matrices de seguimiento y formatos para conocer el estado los efluentes vertidos al alcantarillado, así como la cantidad de residuos y material de descarte generados.

3.1.4. Actuar

- Paso 7. Prever que el problema sea recurrente

Para evitar que el problema no ocurriese nuevamente, se elaboraron procedimientos para impedir las fallas y barreras. En esta etapa se capacitó al personal y se comunicó todas las medidas preventivas, estableciendo el programa de limpieza y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales (PTARI).

- Paso 8. Conclusión

Se identificaron las oportunidades de mejora y plantearon recomendaciones, de esta manera se reinició el ciclo de Deming. En este caso se propuso solicitar la autorización del vertimiento de aguas residuales industriales al alcantarillado, tomando en cuenta el cumplimiento de los VMA de acuerdo con el Decreto Supremo N° 001-2015-Vivienda. También se consideró la recategorización de lodos residuales como residuos peligrosos a material de descarte referidos en el Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM.

3.2. Desarrollo de la solución

Se establecieron 26 actividades a fin de cumplir los objetivos; para entender esto, se elaboró el diagrama de Gantt que se encuentra en el Anexo 5 del informe. Las actividades descritas

van desde el 27 de octubre de 2020 hasta el 9 de julio de 2021, acumulando un total de 252 días.

3.2.1. Informar a la alta dirección

La ejecución del proyecto empezó cuando el jefe de planta convocó a una reunión virtual el día 23 de octubre del 2020. En la reunión se expuso formalmente la problemática, los objetivos y las consecuencias respecto a sanciones a las que se encontraría sujeta la empresa, de no cumplir con la mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales. En ese mismo contexto, se debatió la posibilidad de presencia de remanentes de metales valiosos en los efluentes y lodos residuales. Al ser favorable, se acordó recuperar todos los remanentes para financiar actividades del sistema de gestión ambiental.

La reunión concluyó con el compromiso de la alta gerencia para conformar el equipo técnico para el diseño del nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales industriales. El plazo estimado fue de tres días; posterior a ello, el gerente de operaciones informó mediante correo electrónico los nombres de los participantes. También se estableció la fecha para la primera caracterización de efluentes industriales y se expuso la metodología de la toma de muestras.

3.2.2. Asignación del equipo técnico

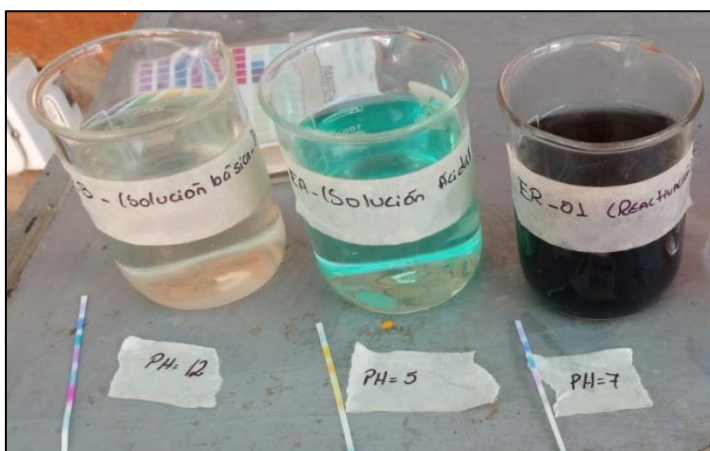
Como se puede observar en el Anexo 4, el equipo técnico estaba conformado por seis miembros especializados en medio ambiente, metalurgia, seguridad y salud en el trabajo, mecánica y química.

3.2.3. Caracterización efluentes industriales

La primera caracterización de efluentes estuvo a cargo del personal de SSOMA liderado por el analista de medio ambiente, quien tomó las muestras de cada tipo de efluentes en el tubo de salida hacia las cisternas. Las muestras fueron enviadas al laboratorio de análisis metalúrgico, donde el tiempo de espera para la emisión de los resultados fue de tres días.

Figura 6

Caracterización de aguas residuales industriales



Nota. Fuente propia.

En la Figura 6 se puede dar cuenta de la caracterización de efluente, donde el efluente ácido de refinación, presentó una coloración turquesa; el básico de desorción, fue incoloro y el ácido de reactivación, presentó color oscuro. De estos tres, el efluente básico de desorción es el que presentó mayor alcalinidad por el uso de soda cáustica y el efluente ácido de refinación, una coloración turquesa debido a la presencia de cobre.

3.2.4. Resultados del análisis de efluentes industriales

Los resultados fueron expuestos a la gerencia general, donde se expresó la alta concentración de remanentes de oro, plata y cobre en los tres tipos de efluentes. El efluente ácido de reactivación contenía mayor concentración de cobre, hierro y zinc; el efluente básico de desorción tuvo mayor concentración de plata y el efluente ácido de refinación tuvo mayor concentración de oro, seguido del efluente básico de desorción. En el Anexo 6 se puede observar el informe de ensayo emitido por el área de laboratorio de la empresa.

3.2.5. Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales

Conocidos los resultados, se procedió a agendar las reuniones del equipo técnico para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales. La gerencia general dio

un plazo máximo de un mes para presentar la primera propuesta. El objetivo era reducir los niveles de contaminantes y recuperar al máximo los remanentes de oro, plata y cobre.

En el Anexo 7 se puede observar la primera propuesta de diseño de la PTAR, que incluyó columnas de carbón activado por las cuales circularían los efluentes, permitiendo captar los remanentes de metales valiosos. También se propuso implementar un tanque de agitación donde se neutralizaría el nivel de acidez de los efluentes con la homogenización de efluentes básicos y ácidos. La adición de H_2O_2 para la oxidación del cianuro y CaO para aumentar los niveles de Ph, se realizarían cuando la disponibilidad de efluentes no fuese suficiente para lograr un Ph 7. En lo que respecta a la generación de lodos residuales, ahora llamado material de descarte o lodo industrial, debió asegurarse la precipitación con el uso de floculantes.

3.2.6. Visita técnica de asesoría externa

El 07 de diciembre del 2021 se agendó una reunión con un tercero para verificar la propuesta y diseño. Se recolectaron 20 litros de cada tipo de efluente y se analizaron a través del método de jarras. El informe y los resultados de la empresa tercera se encuentra detallado en el Anexo 8.

3.2.7. Presentación de informe de asesoría externa

El proveedor presentó una cotización con el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales. El diseño consta de la propuesta del equipo técnico y adiciona un sistema de intercambiador iónico. En el anexo 9 se puede observar la propuesta de diseño del asesor externo.

3.2.8. Presentación y aprobación del diseño de la PTAR

Realizadas las mejoras del diseño en cuanto a la asesoría del especialista, se presentó el diseño final de la PTARI el 12 de enero del 2021. El mismo día se resolvieron consultas, se recibieron recomendaciones y se aprobó la propuesta.

3.2.9. Implementación de la PTARI

La gerencia general dio un plazo máximo de tres meses para la elaboración e implementación de los equipos. El tiempo estimado fue determinado por el coordinador de mantenimiento quien lideró esta etapa del proyecto.

3.2.10. Búsqueda de EO-RS / Empresa tercera

Durante el tiempo de implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, el analista de medio ambiente realizó la búsqueda de EO-RS autorizadas para la valorización de residuos sólidos aprovechables y comercialización de material de descarte. Se convocaron tres empresas y se solicitaron sus permisos para verificar si toda su documentación estaba vigente.

3.2.11. Capacitación sobre el proceso del sistema de gestión de aguas residuales industriales y segregación de residuos sólidos

El operario de PTARI recibió la capacitación respecto al funcionamiento del sistema y sus responsabilidades en cuanto al tratamiento de aguas. Para el caso de segregación de residuos sólidos, fueron capacitados todos los operarios, coordinadores y jefe de planta.

3.2.12. Búsqueda de aliados externos

En esta etapa el analista de medio ambiente visitó el municipio del distrito y consiguió ingresar al programa de segregación municipal. El municipio, a través de la gerencia de medio ambiente, asignó a una pareja de recicladores que visitarían la planta a fin de valorizar los residuos aprovechables. De la misma manera, ofrecieron realizar campañas de sensibilización, visitas técnicas y asesorías.

3.2.13. Programa de mantenimiento de la PTARI

Se elaboró un programa de limpieza y mantenimiento para precisar el adecuado funcionamiento del tratamiento de aguas residuales, evitar fugas o derrames y asegurar el

cuidado de los equipos. En el Anexo 10, se presenta el programa de mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas, incluyendo actividades de seguimiento para la toma de muestras de efluentes industriales. El programa incluyó la gestión documentaria que permitió conocer la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.

3.2.14. Pruebas de efectividad del sistema

Implementado el nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, se ejecutó el periodo de prueba de funcionamiento por siete días. Posteriormente, se realizó el seguimiento diario a través de la toma de muestras de efluentes, la verificación del correcto funcionamiento de los equipos instalados y la efectividad en cuanto a la reducción de contaminantes. Las muestras fueron tomadas en el punto de salida de los efluentes hacia el tanque de mezclado y en el punto de vertimiento ubicado en la caja de registro. En el Anexo 11 se muestran los resultados del análisis de metales, cuyos valores fueron favorables en cuanto a su reducción. Esto confirmaría la capacidad de retención de metales que tiene el sistema de tratamiento de aguas.

También fue necesario solicitar un monitoreo con un laboratorio ambiental tercero. Para este caso, el punto de muestreo fue únicamente en la última caja de registro. Dichos resultados se detallan en el Anexo 12, evidenciando bajas concentraciones en metales pesados, sobre todo, los que corresponden al Anexo 1 y Anexo 2 del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA.

3.2.15. Recuperación de lodos residuales

La primera recuperación de lodos residuales se realizó en los primeros quince días y la segunda recuperación a los treinta días. Posterior al retiro de lodos, se estima un tiempo de secado para reducir el porcentaje de agua que este contiene. En cada retiro de lodos se tomó la muestra con el método de cuarteo y fueron enviadas al laboratorio de análisis metalúrgico para calcular el porcentaje de recuperación de remanentes.

3.2.16. Recuperación de carbón activado

En los primeros treinta días se tomaron las primeras muestras de carbón activado; para ese tiempo ya se contaban con remanentes de oro y plata captados. Al abrir los reactores se observó presencia de material lechoso de color blanco y turquesa adherido al carbón.

3.2.17. Presentación de resultados

Los resultados fueron enviados a gerencia general, siendo favorables en términos de recuperación de oro, plata y cobre. Asimismo, se presentaron mejoras en cuanto a la calidad de agua vertida al alcantarillado. En el Anexo 13 y Anexo 14 se observan los resultados del análisis de lodo y carbón activado.

De acuerdo con los especialistas en metalurgia, la ley de oro y plata obtenidos del carbón, tenían capacidad para la recuperación de metales valiosos en los procesos de desorción de carbón activado de la empresa. Como se puede observar, en el primer mes de procesos se recuperó 0.094 gramos de oro por kilogramo de carbón y 0.126 gramos de plata por kilogramo de carbón. En lo que respecta al lodo, se tuvo un porcentaje de recuperación del 17.284 % de cobre, 14.295 gramos de oro y 274.284 gramos de plata por tonelada, promoviendo su comercialización como material de descarte.

3.2.18. Presentación de ganancias

La gerencia general informó la recuperación favorable de oro y plata de los 600 kg de carbón activado de los reactores, así como sobre la comercialización de una tonelada de lodo como material de descarte a un tercero. En el Anexo 15 se puede apreciar el precio del oro, plata y cobre para el mes de mayo del año 2021. El costo por onza de oro fue de 1843.90 dólares, la onza de plata costaba 27.44 dólares y el precio por kilogramo de cobre fue de 4.64 dólares.

3.2.19. Mejoramiento del almacén de RR.SS.

Estimados los resultados de ingresos mensuales de las ventas de material de descarte y valorización de residuos, se aprobó la implementación del almacén de residuos sólidos en un plazo no mayor a un mes. El diseño fue elaborado por la analista de medio ambiente e implementado por el coordinador de mantenimiento, quien se encargó de cotizar el costo de la infraestructura del almacén.

3.2.20. Implementación de puntos de acopio

Para la implementación de los puntos de acopio se utilizaron contenedores de plástico, que se ubicaron de acuerdo con el tipo de residuos que se generaban por área de trabajo. En el Anexo 16 se puede observar el mapa de puntos de acopio para la segregación de residuos. La empresa contaba con contenedores de agua en desuso, que, para reducir costos se pintaron y rotularon. En el Anexo 17 se evidencia un extracto de la matriz de seguimiento de generación de residuos sólidos en la planta industrial.

Finalizada la implementación del proyecto, se verificó el buen funcionamiento del sistema de manera continua. Por lo tanto, se solicitó la ayuda del área de calidad y se estimó un plazo de seis meses para revisar la eficiencia de la PTARI, en cuanto a la calidad de efluentes vertidos al alcantarillado y la generación de ingresos monetarios.

3.3. Factibilidad técnica-operativa

El proyecto fue viable desde su planteamiento porque aseguró la sostenibilidad del sistema de gestión ambiental en su totalidad en beneficio de los trabajadores, el medio ambiente y los recursos económicos de la empresa. Además, permitió cumplir con la normativa nacional vigente, evitando sanciones por parte de las autoridades. Por esta razón, durante las reuniones con el jefe de planta y gerencia, se informaron los requisitos legales y sanciones a las que la organización se encontraba expuesta.

Los recursos económicos fueron un limitante, ya que el área de SSOMA no disponía de un presupuesto asignado. Esta barrera se pudo superar al buscar medidas de financiamiento y alianzas estratégicas que generaron ingresos y redujeron costos, a través de la valorización de residuos, comercialización de material de descarte y recuperación de metales valiosos. El talento humano fue de gran importancia porque permitió el correcto desarrollo del proyecto, pues la organización contaba con profesionales conocedores en análisis metalúrgico y diseño de equipos, tal como se describe en el Anexo 4. Así también, disponer de un laboratorio propio permitió el análisis constante de efluentes industriales y lodos residuales; con ello, se realizó el seguimiento para la mejora continua.

3.4. Cuadro de inversión

El costo de inversión estimado en dólares en cuanto a implementación de equipos y estructuras para la mejora del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3.

Costo de inversión de la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UM	COSTO
Electrobomba de fierro negro	3	unidad	\$ 80,000.00
Tanque Homogenizador	1	unidad	
Tanque dosificador	1	unidad	
Sedimentador	1	unidad	
Prensa	1	unidad	
Tanques de PVC 1m3 para solución clarificada	1	unidad	
Electrobomba de 1HP	1	unidad	
Filtros de carbón activado	2	unidad	
Compresora de aire.	1	unidad	
Electrobomba de acero inoxidable	1	unidad	
Pintura	4	gl	\$ 60.00

Asesoría externa	1	-	\$	100.00
Obras civiles/estructural	-	-	\$	2,000.00
Tuberías	-	-	\$	500.00
Electricidad	-	-	\$	800.00
Carón activado	300	kg	\$	300.00
TOTAL			\$	83,760.00

Nota. Recuperado de la coordinación de mantenimiento de la organización.

El funcionamiento de la PTARI, demandó un costo mensual, estimado en la Tabla 4.

Tabla 4.

Costo Mensual del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UM		COSTO
Costo mensual de soda caustica	100	kg	\$	85.00
Costo mensual de floculante \$10/kg	1	kg	\$	32.00
Costo mensual de electricidad (6KW x 2800h x \$0.14/kWh)	-	kWh	\$	146.00
Carbón activado	25	kg	\$	25.00
Costo de mano de obra (1 personas \$20)	-	-	\$	350.00
Costo de mantenimiento	-	-	\$	150.00
TOTAL			\$	788.00

Nota. Recuperado del área de SSOMA de la organización.

IV. ANÁLISIS CRÍTICO

4.1. Análisis de costos – beneficio

Las problemáticas ambientales de la empresa se encuentran sujetas a sanciones por parte del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), detalladas en la Resolución de Consejo Directivo N° 004-2018-OEFA/CD. En este documento se tipifican las infracciones administrativas y establecen la escala de sanciones aplicables a los administrados del sector industria manufacturera y comercio interno, que se encuentran bajo su ámbito de competencia. Esta norma refiere que, realizar un inadecuado manejo ambiental de las emisiones, efluentes, ruidos, vibraciones, residuos sólidos u otros que se generen como resultado de los procesos y operaciones en sus instalaciones es una falta muy grave cuya sanción monetaria podría calcularse hasta en 1200 UIT.

De la misma manera, la organización estaría sujeta a otra sanción correspondiente a dejar de presentar el Reporte Ambiental al OEFA. La organización había incumplido los plazos, la forma y modo establecido para ello. Consecuentemente, el no haberse ejecutado las acciones de manejo ambiental detalladas en el instrumento de gestión ambiental, demandaría para la empresa un costo monetario de hasta 50 UIT. De igual manera, el artículo 6° correspondiente a los operadores del servicio de saneamiento del Decreto Supremo N° 10-2019-VIVIDA, detalla que cuando “sobrepasan los VMA de uno o más parámetros, el usuario no doméstico asume el importe de la toma de muestra inopinada y del análisis de dichos parámetros, así como el costo proporcional adicional, de los parámetros que sobrepasen”.

La recuperación de metales valiosos y la comercialización de lodos residuales como material de descarte, para el mes de mayo, fue de 3940.70 dólares. El cálculo de estimación de los ingresos se encuentra descrito en la Tabla 5, donde se puede observar que en el primer mes de tratamiento se recuperó 3667.52 dólares de venta de oro y 73.18 dólares de venta de plata.

En lo que respecta al lodo, la venta se realizó de manera directa entre el comprador y el jefe de planta, con una ganancia de 200 dólares.

Tabla 5.

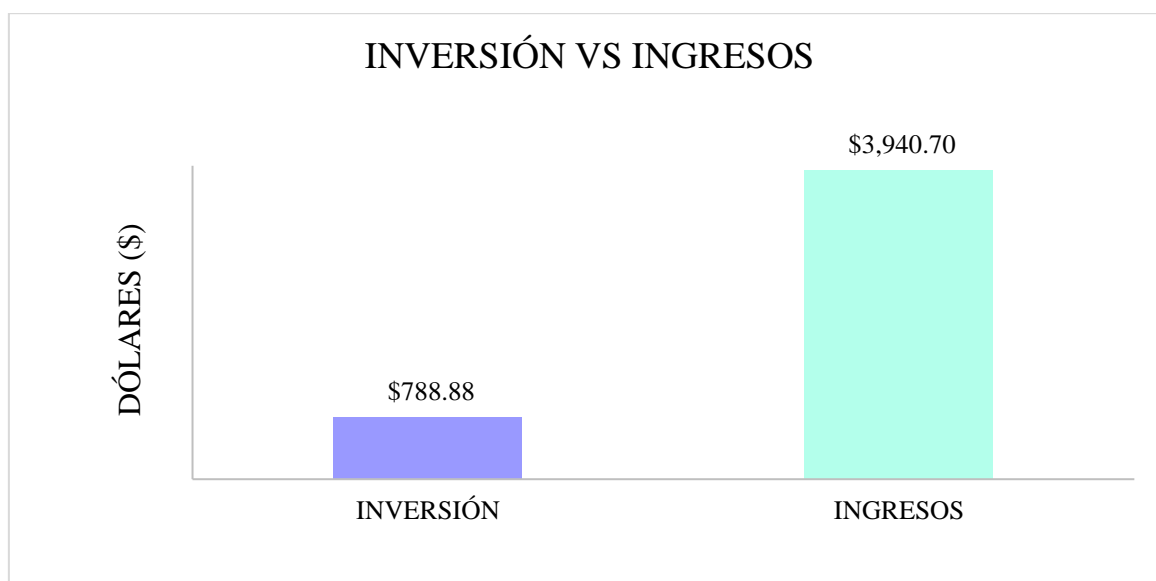
Estimación por recaudación de ingresos de oro y plata

Mineral	Muestreo en g/Kg	Carbón recuperado (Kg)	Mineral recuperado en onzas	Precio de venta por onza	Total
Au	0.094	600.00	1.99	\$ 1,843.90	\$ 3,667.52
Ag	0.126	600.00	2.67	\$ 27.44	\$ 73.18

Nota. Elaboración propia.

Figura 7

Comparación del gasto de inversión e ingresos de la PTARI



Nota. Elaboración propia.

En la Figura 7 se observa la estimación del costo del tratamiento de aguas residuales industriales en comparación con los ingresos generados el primer mes. Así mismo, es importante resaltar que el comportamiento de la recuperación de metales valiosos siempre se verá afectado por variabilidad del precio de los metales y los procesos productivos de la organización. Se puede afirmar que la aplicación del sistema ha beneficiado económica y

ambientalmente a la organización, evitando gastos para el desarrollo de sus actividades ambientales y generando ingresos.

V. APORTES MÁS SIGNIFICATIVOS A LA EMPRESA

Luego de haber finalizado el proyecto, se realizó la evaluación de los resultados. Estos resultados fueron favorables en ingresos monetarios y en la reducción de contaminantes que afectan el medio ambiente. Entre los aportes más significativos que obtuvo la empresa, se encuentran las siguientes:

- Los líderes de la organización son conscientes de las responsabilidades socioambientales que deben cumplir como empresa.
- Cumplir con la normativa legal vigente y evitar sanciones por parte de los organismos de fiscalización de la empresa.
- Generación de ingresos que permite la sostenibilidad del sistema de gestión ambiental.
- Colaboradores sensibilizados y comprometidos con el cuidado del medio ambiente.
- Alianzas estratégicas de la empresa con organismos gubernamentales y no gubernamentales.
- Tomar acción frente a otros impactos ambientales que genera la empresa y replicar en las otras plantas las buenas prácticas ambientales.
- Reducción de residuos sólidos dispuestos.
- Ambientes de trabajo más ordenados, y espacios saludables para la población y los trabajadores.
- Interés de la gerencia para la implementación de ISO 14001.
- Mejorar la competitividad de la empresa durante sus licitaciones.

VI. CONCLUSIONES

La información evidenciada en el presente documento, ha sustentado la efectividad de las acciones tomadas para resolver los problemas ambientales identificados en la organización. Podemos afirmar que, los gastos en la implementación de mejoras del sistema de tratamiento de aguas residuales fueron totalmente costeados por la recuperación de metales valiosos, comercialización de material de descarte y valorización de residuos. De esta manera, se financió la ejecución de monitoreos ambientales, implementación de puntos verdes y campañas de sensibilización de medio ambiente. Otros beneficios fueron la compra de impresora a color, material didáctico e implementos de seguridad industrial.

El proyecto ha demostrado que las medidas de acción necesarias para reducir los impactos ambientales en una organización, no siempre pueden demandar gastos. Sin embargo, dependiendo de las características del contexto de la organización, se pueden hallar estrategias de autofinanciamiento. Ello no quiere decir que, si las medidas de acción a los problemas ambientales de una empresa no generan ingresos monetarios, no deban ser controlados. Al contrario, cuando nos encontramos en un contexto donde es difícil que la organización asigne presupuestos grandes, debemos brindar alternativas innovadoras y alcanzables a la gerencia para motivar su ejecución.

La gerencia general de la organización, ahora tiene conocimiento sobre sus responsabilidades legales y las sanciones a las que puede estar sujetas cuando ellas no se cumplan. Es así como, en el presente, cuenta con los planes y programas anuales del SGA y realiza el seguimiento de su cumplimiento. Lo que más resaltó la mejora de la planta, a pesar de no ser considerada como problema principal, fue la mejora del manejo de RR.SS. Esto se reflejó al encontrar un espacios más organizados y saludables, con colaboradores más comprometidos y satisfechos por sentirse en un mejor entorno de trabajo.

Finalmente, es preciso indicar que, siempre se podrán buscar aliados externos que colaboren en la reducción de costos en cuanto a implementaciones de mejora. Los aliados estratégicos pueden ser las organizaciones sin fines de lucro u organismos gubernamentales. Otros aliados importantes son los trabajadores sensibilizados y comprometidos, que se sienten motivados a participar en las actividades del área de SSOMA ante la percepción de los cambios positivos en la organización. Del mismo modo, también son importantes las visitas técnicas, las campañas de sensibilización y las capacitaciones, ya que participan junto a sus jefaturas inmediatas y se integran positivamente como equipos de trabajo.

VII. RECOMENDACIONES

- Solicitar la recategorización de lodos residuales ante la autoridad competente para que no sean considerados RR.SS. peligrosos y ahora puedan ser material de descarte.
- Presentar la solicitud de autorización de vertimiento de aguas residuales no domésticas al alcantarillado de Sedapal.
- Subsanan las medidas de acción pendientes que generen impactos ambientales negativos.
- Informar a la autoridad competente todo cambio o incremento en los procesos que se realizan.
- Mejorar el sistema de tratamiento de aguas toda vez que no sea eficiente debido cambio o incremento de procesos productivos o el uso de insumos químicos.
- Cumplir de manera obligatoria con todos los permisos y certificaciones.
- Cambiar los equipos y maquinarias cuando su uso se vuelvan ineficientes.
- Declarar de trimestralmente los RR.SS. peligrosos dispuestos con la EO-RS y ejecutar la declaración anual de RR.SS. ante SIGERSOL.
- Realizar el seguimiento al tratamiento de aguas residuales y el vertimiento de los efluentes por lo menos una vez por semana.

REFERENCIAS

- Acuña Viteri, D., & Ramos Chacha, K. M. (2017). "*Análisis de métodos de detoxificación de efluentes*". Proyecto de Grado, Escuela superior politécnica del litoral , Guayaquil, Ecuador. doi:<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/39486/1/D-CD70220.pdf>
- Anaya López, I., & Zegarra Carmona, C. R. (2015). *Análisis y propuestas al marco regulatorio de las descargas de aguas residuales no domésticas a las redes de alcantarillado*. Universidad del Pacífico. Obtenido de <https://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/1632?show=full>
- Bustíos, C., Martina, M., & Arroyo, R. (2013). Deterioro de la calidad ambiental y la salud en el Perú actual. *Revista Peruana de Epidemiología*, 17(1), 9. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=203128542001>
- Castro de Esparza, M. (1998). Residuos industriales y calidad de los cuerpos de agua. *Ingeniería Industrial*, (20), 43-54. doi:<http://dx.doi.org/10.26439/ing.ind1997.n020.2568>
- Chávez Vallarino, C. (2011). *Detección de metales pesados en agua*. Tonantzintla: INAOE.
- Conexión ESAN. (25 de abril de 2016). *CONEXION ESAN*. Obtenido de La gestión ambiental en el Perú: sus autoridades competentes: <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/la-gestion-ambiental-en-el-peru-sus-autoridades-competentes>
- Congreso de la Republica del Perú. (6 de Junio de 2015). Aprueban el Reglamento de Gestión Ambiental para la Industria Manufacturera y Comercio Interno. *DECRETO SUPREMO N° 017-2015-PRODUCE*, pág. 554438.

Congreso de la Republica del Perú. (15 de febrero de 2018). Resolución de Presidencia N° 025-2018-INGEMMET/PCD. *Disponen publicar relación de concesiones mineras cuyos títulos fueron aprobados en el mes de enero del 2018*(Artículo 9), pág. 41.

Decreto Legislativo N°1278. (24 de abril de 24 de abril del 2017). *Ley de gestión integral de Residuos Sólidos*. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf>

Decreto Supremo N° 001-2022-MINAM. (09 de 01 de 2022). *Ley que regula la actividad de los recicladores, aprobado mediante Decreto Supremo N° 005-2010-MINAM*, pág. 05.

Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. (17 de 03 de 2010). *Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales*, Artículo 2 pág. 415675.

DIGESA. (2018). *Norma Técnica De Salud: "Gestión Integral Y Manejo De Residuos Sólidos En Establecimientos De Salud, Servicios Médicos De Apoyo Y Centros De Investigación*.

Espinoza Eche, J. J. (2003). *Tratamiento y disposición final de residuos industriales generados en una refinería* (Vol. 6). Lima, Perú: Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas. doi:<https://doi.org/10.15381/iigeo.v6i11.746>

Espinoza Paz, R. E. (2010). *Planta de tratamiento de aguas residuales en San Juan de Miraflores*. Tesis para optar el Grado de Master en Gestión y Auditorías Ambientales, Piura.

Fernández Pérez, B. (2007). *Desarrollo de un nuevo método para la eliminación de cianuro de aguas residuales de mina*. España : Universidad de Oviedo. Obtenido de <http://www.tesisenred.net/handle/10803/31849>

García Cerrón, E. L. (diciembre de 2022). Conflictos interpretativos, vacíos normativos y tareas pendientes para fortalecer el régimen legal en materia de evaluación de impacto ambiental. 20. doi:<https://doi.org/10.18800/iusetveritas.202202.008>

Herrera Guerra, P. N. (18 de Agosto de 2022). *Diario oficial del bicentenario el Peruano*. Obtenido de <https://elperuano.pe/noticia/181892-empresas-deben-cumplir-con-gestion-ambiental-preventiva>

Juárez López, G. (2007). *Cinética de precipitación de plata y oro en los sistemas Ag-CN-S2O4 Aplicabilidad en efluentes industriales*. Mexico: Universidad Autónoma del estado de Hidalgo.

López Ascarza, F. (2000). *Impacto ambiental de la minería en el desarrollo rural de las comunidades afectadas en el Perú*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Obtenido de <http://biblioteca.clacso.org/Colombia/fear-puj/20190717043539/flopez.pdf>

Martínez Peñuñuri, R. (2012). *Manual de Operaciones, Planta Adsorción, Desorción y Reactivación(ADR) de la Mina El Chanate*. Hermosillo: Universidad de Sonora.

Ministerio del Ambiente. (2013). *Resolución de Presidencia del Consejo Directivo N° 035-2013-OEFA/PCD*. Lima. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/299999/d221138_opt.pdf?v=1553122565

Ministerio del Ambiente. (2021). *Informe nacional sobre el estado del ambiente 2014-2019*. Lima: Bicentenario Perú 2021.

Modernización, O. d. (2023-2035). *Plan de desarrollo concertado de Lima Metropolitana*. Lima: Municipalidad de Lima . Obtenido de https://www.munlima.gob.pe/wp-content/uploads/2023/05/PDC-MML-2023-2035_V05FF.pdf

Moreno, C., & Chaparro Avila, E. (2008). *Conceptos básicos para entender la legislación ambiental aplicable a la industria minera en los países andinos*. Santiago de Chile: CEPAL.

National Geographic. (03 de abril de 2022). *National Geographic España*. Obtenido de https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/paises-mundo-que-acumulan-mas-residuos-peligrosos_18100#:~:text=Cada%20a%C3%B1o%20se%20producen%20entre,corrosivos%20o%20con%20riesgo%20biol%C3%B3gico

NRCD. (11 de Enero de 2023). *NRCD*. Obtenido de <https://www.nrdc.org/es/stories/contaminacion-agua-todo-lo-necesitas-saber#que-es>

OEFA . (13 de diciembre de 2021). *El instrumento de Gestión Ambiental*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/regionpiura-drem/noticias/618479-el-instrumento-de-gestion-ambiental>

Obando Licera, W., Segura Urrunaga, F., & Guevara Gil, A. (2019). La gestión de la calidad del agua en el Perú. Lima: Sextas Jornadas de Derecho de Aguas. Obtenido de <http://departamento.pucp.edu.pe/derecho/cicaj/inicio/>

ONU . (1987). *Organización de las Naciones Unidas* . Obtenido de Impacto Académico: <https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/sostenibilidad#:~:text=En%201987%2C%20la%20Comisi%C3%B3n%20Brundtland,mundo%20que%20buscan%20formas%20de>

Organismo de evaluación y fiscalización Ambiental. (2023). *SECONFIA*. Obtenido de <https://sistemas.oefa.gob.pe/seconfia/#/invitado/consulta/competencia-fa>

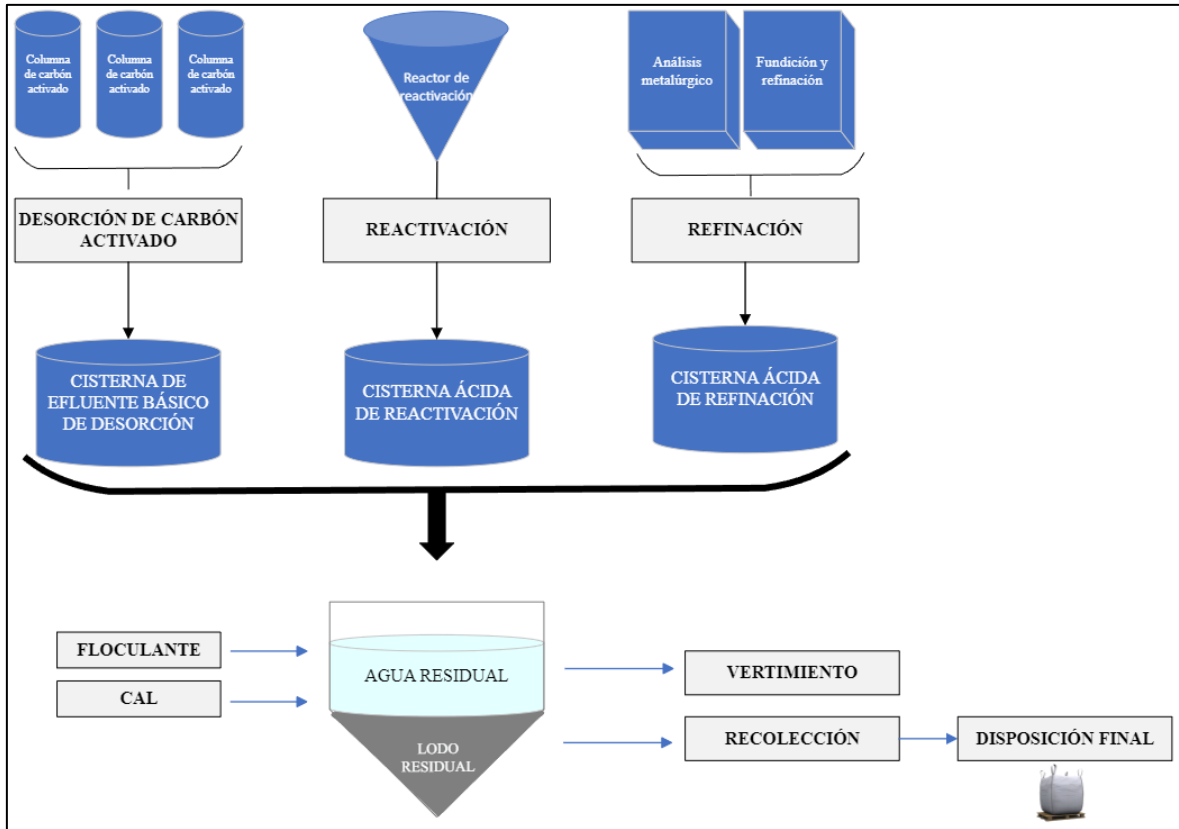
Organismo de Certificación Global. (2022). *NQA*. Obtenido de GESTIÓN AMBIENTAL: <https://www.nqa.com/es-pe/certification/systems/environmental-management-systems>

- Organismo de evaluación y fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización de Aguas Residuales*. Lima: OEFA. Obtenido de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Ortiz Quintero , J., & Puerto Angarita , N. F. (2019). *Uso del carbón activado de guadua para el tratamiento de aguas residuales: revisión y vigilancia tecnológica*. Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia , Bogotá, Colombia.
- Quiroz Cuadros, M. A. (2019). *Implementación de la Metodología PHVA para incrementar la productividad en una empresa de servicios*. Tesis , Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. doi:https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/10822/Quiroz_cm.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Real Academia Española. (2023). Diccionario de la lengua española (23a ed.). Obtenido de <https://dle.rae.es/sostenible>
- Ramírez Franco, J. H., Martínez Ávila, Ó. M., & Fernández Ospina, L. M. (2013). Remoción de contaminantes en aguas residuales industriales empleando carbón activado de pino pátula. *Avances de Investigación en Ingeniería*, 10(1), 8.
- Resolución Jefatural N° 294-2017-INEI. (8 de Setiembre de 2017). *Aprueban Norma Técnica Censal N° 001- 2017-INEI/CPV “Procedimientos para la ejecución del Empadronamiento Urbano y Rural de los Censos Nacionales 2017”*, pág. 36.
- Resolución Jefatural N° 151-2020-ANA. (1 de octubre del 2020). *Aprueban Glosario de terminos usados en la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hidricos*”, pág.07.
- Rodríguez Fernández , A., Letón García, P., Rosal García, R., Dorado Valiño, M., Villar Fernández , S., & Sanz García, J. (2006). *tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*. Madrid: CEIM, Dirección General de Universidades e Investigación.

- Rodriguez, T., Botelho, D., & Cleto, E. (diciembre de 2008). Tratamiento de efluentes industriales de naturaleza recalcitrante usando ozono, peróxido de hidrógeno y radiación ultravioleta. doi:<http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n46/n46a03.pdf>
- Rosas Rodríguez, H. (2001). *Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat*. Estudio Experimental, Catalunya, Barcelona. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10803/6978>
- Ruiz, J., Carmona, M., Bolivar, W., & Lopez, C. (2017). Valoración de emisiones en los procesos de refinación del oro en joyería y recomendaciones de gestión ambiental. *Espacios*, 38(46), 12.
- Rupay Güere , F. (2016). *Remoción del Cianuro con el complejo (CuSO₄ – H₂O₂) de los efluentes de cianuración de oro para evitar riesgos a la salud y al ambiente*. Huancayo: UNCP.
- Solano Toledo, S. A., & Cabrera Marín, D. C. (2020). *Evaluación del proceso de recuperación de sales de Plomo de copelas usadas en la industria minera*. Cuenca: Universidad de Cuenca. doi:<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33781/1/Tesis%20Ingenier%20C3%ADa%20Qu%20C3%ADmica.pdf>
- Tejada Tovar, C., Villabona Ortiz, Á., & Garcés Jaraba, L. (2015). *Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico* (Vol. 18). Medellín: Scielo.
- UNESCO. (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos*. Francia : UNWATER.
- Zela Esteban, J., & Olivas Aranda, G. (2022). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales (ptar) en el ámbito de las empresas prestadoras*. Lima: SUNASS. Obtenido de www.sunass.gob.pe

ANEXOS

Anexo 1. Flujo de vertimiento de agua residuales industriales



Anexo 2. Plan de Manejo Ambiental aprobado en el año 2018



Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"
ANEXO 1: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN*

Medida General	Medidas Específicas	Cronograma de implementación (mensual)												Tipo de medida (P,C o M)	Duración de la medida	Costo Aprox. (S/-)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Gestión de Residuos Sólidos.	Charlas de sensibilización de los RRSS	x	-	x	-	x	-	x	-	x	-	x	-	P	Permanente (trimestral)	5 000
	Implementar un almacén temporal para segregación de los residuos sólidos generados durante esta etapa	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P	Puntual	
	Remitir manifiestos de la disposición final de los residuos sólidos peligrosos y no municipales, trimestralmente a la entidad competente (OEFA).	-	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x	P	Permanente	
Control de Material Particulado	Regado del suelo, para evitar la dispersión del polvo.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	P	Permanente (Semanal)	6720
Mantenimiento preventivo de maquinarias.	Realizar mantenimiento a maquinarias	-	-	-	x	-	-	-	x	-	-	-	x	P	Permanente (cuatrimestral)	10 000



referidas a las actividades de la Modificación de la Planta

Fuente: (folio 111-Adjunto)

ETAPA DE OPERACIÓN*

Medida Preventiva - Correctiva	EIA	MEIA*	Cronograma de implementación mensual (1 año)												Tipo de medida (P,C o M)	Duración de la medida	Costo Aprox. (S/-)	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
Suelo	Mantener el Sistema de Gestión de Manejo de Residuos Sólidos; control documentario y registros.	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	x	P	Permanente (Trimestral)	S/. 3,000.0
Calidad de Aire	Monitoreos de Calidad de aire.	x	x	x	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	P	Permanente (Semestral)	S/. 2,500.0
	Se realizará plantaciones de árboles en los perímetros de la planta.	-	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M	Puntual	S/. 2,000.0
	Se hará un control del mantenimiento preventivo de las maquinarias y equipos	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	P	Permanente	S/. 7,500.0
	Se solicitará a los proveedores la revisión técnica de sus vehículos de transporte.	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	P	Permanente	-
	Mantenimiento integral del lavador de vapores ácidos y extractor, en el área de refinación.	-	x	x	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	P	Permanente (Semestral)	S/. 5,000.0
	Mantenimiento de los quemadores en la planta de desorción.	-	x	x	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	P	Permanente (Semestral)	S/. 2,000.0
	Mantenimiento de los rodamientos de motores y sellos mecánicos de las bombas en la planta de desorción, lavado ácido de carbón, lavador de vapores ácidos, cisternas antiácidas y PTAR.	-	x	x	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	P	Permanente (Semestral)	S/. 2,000.0
Mantenimiento de los sistemas de extracción de vapores y gases en refinería y fundición (rodamientos, fajas, alineamiento y balanceo).	-	x	x	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	P	Permanente (Semestral)	S/. 2,000.0	



"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

Componente	Medidas Preventivas - Correctivas	EIA	MEIA*	Cronograma de implementación mensual (1 año)												Tipo de medida (P, C o M)	Duración de la medida	Costo Aprox. (S/.)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
	Implementación de un ciclón de aire para colectar material particulado grueso y filtros de manga para particulado fino en fundición.	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M	Puntual	-
	Se cumplirá un programa de mantenimiento preventivo de los sistemas de tratamiento de gases y de emisiones de polvo.	X	X	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	P	Permanente (semestral)	-
	Capacitación del personal en el uso adecuado de equipos y maquinaria; con el fin de no generar algún contaminante por parte de un manejo inadecuado.	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P	Puntual	-
Efluentes líquidos	Optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales, mediante la implementación de una línea de aire en el sistema de agitación que ayude a oxigenar y controlar el DQO para disminuir sus concentraciones, durante el tratamiento, la sedimentación y separación de sólidos con los procesos de coagulación y floculación.	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	M	Puntual	S/. 22,500.0	
	Mantenimiento integral de la Planta de tratamiento de aguas residuales.	-	X	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	P	Permanente (Semestral)	S/. 6,000.0	
Ruido ambiental	Realizar monitoreos de ruido periódicamente con la finalidad de dar seguimiento y control.	-	X	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	P	Permanente (Semestral)	S/. 1,500.0	
Otras medidas	Capacitar y sensibilizar al personal con la finalidad de general una cultura del cuidado del cuidado del medio ambiente.	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	P	Permanente (Anual)	S/. 1,500.0	
	Capacitar al personal sobre las Hojas de Seguridad MSDS de productos químicos peligrosos que emplean y difundir medidas de prevención y control de riesgos en los casos que sea necesario.	-	X	X	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	P	Permanente (Trimestral)	S/. 2,000.0	



Medidas referidas a las actividades actuales y las propuestas en la modificación del EIA de la [redacted]
 Fuente: [redacted] (folios 109 y 110-Adjunto N° [redacted])

ANEXO 02: PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL

Componente	Estación	Ubicación	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 18L		Frecuencia	Parámetros	Normativa
			Este	Norte			
Emisiones atmosféricas	EG-1	Horno de fundición	[redacted]	[redacted]	Semestral	Pb, Partículas, SO ₂ , CO, NO _x	Decreto N° 3395 Anexo IV "Niveles Guía de Emisión para Contaminantes Habituales Presentes en los Efluentes Gaseosos para Nuevas Fuentes Industriales" - Poder Ejecutivo de la Provincia de Buenos Aires - (1996)*
	EG-2	Reactor ácido de Refinación (Lavador de vapores ácidos)	[redacted]	[redacted]	Semestral	SO ₂ , CO, NO _x , N ₂ O y NH ₃	
Parámetros Meteorológicos	MET-01	Azotea de las oficinas Lado Ca. Las [redacted]	[redacted]	[redacted]	Semestral	Temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y dirección del viento	-
Calidad de Aire	CA-01 (Barlovento)	Azotea de las oficinas Lado Ca. Las [redacted]	[redacted]	[redacted]	Semestral	PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂ , NO, CO, Pb	Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM- Estándar de Calidad Ambiental - Aire
	CA-02 (Sotavento)	Azotea de la oficina Lado Ca. Los [redacted]	[redacted]	[redacted]	Semestral		



"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

Componente	Estación	Ubicación	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 18L		Frecuencia	Parámetros	Normativa
			Este	Norte			
Ruido Ambiental	RA-01	Entrada de la Planta- Calle Las			Semestral	Ruido ambiental diurno	Decreto Supremo N° 085-2003-PCM "Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido" – Zona Industrial
	RA-02	Exteriores de la planta - Calle Las			Semestral		
	RA-03	Exteriores de la planta - Calle Los			Semestral		
	RA-04	Exteriores de la planta - Calle Los			Semestral		

* Norma empleada de forma referencial, en tanto se aprueben Límites Máximos Permisibles aplicables a la actividad de la empresa titular.

ANEXO N° 3: CUADRO DE FRECUENCIA PARA LA PRESENTACIÓN DEL REPORTE AMBIENTAL (INFORMES DE IMPLEMENTACIÓN Y MONITOREOS)

INFORME DE REPORTE AMBIENTAL*	FECHA DE PRESENTACIÓN
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	
1° Reporte Ambiental (Informe de Implementación del Plan de Manejo Ambiental-PMA)	Mes 05 de iniciada las obras.
ETAPA DE OPERACIÓN	
1° Reporte Ambiental (Informe de Implementación del Plan de Manejo Ambiental-PMA e Informe de Monitoreo Ambiental)	Mes 07 de iniciada la operación.
2° Reporte Ambiental (Informe de Implementación del Plan de Manejo Ambiental-PMA e Informe de Monitoreo Ambiental)	Mes 13 de iniciada la operación.

(*) La presentación del Reporte Ambiental debe incluir los resultados de las acciones de monitoreo, seguimiento y control y los avances de los compromisos asumidos en el instrumento de gestión ambiental aprobado. El Reporte Ambiental deberá contener documentos justificados de las acciones de implementación y serán presentados de acuerdo al Formato sugerido de seguimiento indicado en el anexo 3.2. Luego de los 02 primeros reportes ambientales de la Etapa de Operación, deberá presentar como Reporte Ambiental el informe de monitoreo ambiental en la frecuencia establecida en el anexo 2.

ANEXO 3-A: FORMATO SUGERIDO DE SEGUIMIENTO DEL REPORTE AMBIENTAL (INFORMES DE AVANCE DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL)

N°	ACTIVIDAD GENERAL	ACTIVIDAD ESPECÍFICA	FECHA INICIO	FECHA CONCLUSIÓN	INVERSIÓN TOTAL (S./)	ACCIONES EJECUTADAS	% AVANCE DE CUMPLIMIENTO	INVERSIÓN A LA FECHA (S./)

Nota: La ejecución de las actividades deben estar validadas adjuntando fotos, recibos, contratos, etc.

Anexo 3. Matriz de análisis FODA

		ASPECTOS FAVORABLES	ASPECTOS DESFAVORABLES	
		FORTALEZAS	DEBILIDADES	
ANÁLISIS INTERNO	F1	La organización cuenta con su propio laboratorio de análisis metalúrgico, así como instrumentos para la medición de PH.	D1	No se cuenta con presupuesto anual asignado para las mejoras del Sistema de Gestión Ambiental.
	F2	La planta cuenta con procesos para la recuperación de Au y Ag a partir del carbón activado de la PTAR.	D2	La alta dirección no conoce la normativa legal vigente y los compromisos ambientales de su Instrumento de Gestión Ambiental.
	F3	Existen procesos para la recuperación de Cu a partir de lodos residuales en el mercado actual.	D3	Falta de sensibilización de los trabajadores en cuanto a la cultura del cuidado del Medio Ambiente.
	F4	Alianza estratégica con la municipalidad del distrito que permite la valorización de residuos sólidos y sensibilización de los trabajadores.	D4	Desconfianza de la alta dirección al compartir información sobre sus procesos y patentes.
	F5	La organización cuenta con accesibilidad que permite facilitar el diseño y elaboración de equipos.	D5	---
		OPORTUNIDADES	AMENAZAS	
ANÁLISIS EXTERNO	O1	Se una empresa líder en el rubro que cumple con los estándares ambientales vigentes.	A1	Incremento de competidores en el mismo rubro
	O2	Fomentar el cuidado del medio ambiente con otras organizaciones del rubro.	A2	Incremento de manifestaciones sociales, huelgas, delincuencia y asaltos a nivel nacional
	O3	Mayor competitividad frente a otras empresas del rubro.	A3	Inestabilidad política y económica
	O4	Reducir costos en cuanto a los gastos generados en la disposición final de RR.SS.	A4	Pandemia por el virus SARS-CoV-2
	O5	Evitar gastos por sanciones y demandas.	A5	---
	O6	Posibilidad de certificación y homologación con unidades mineras.	A6	---

Nota. Elaboración propia

Anexo 4. Matriz de Asignación de Responsabilidades (RASCI)

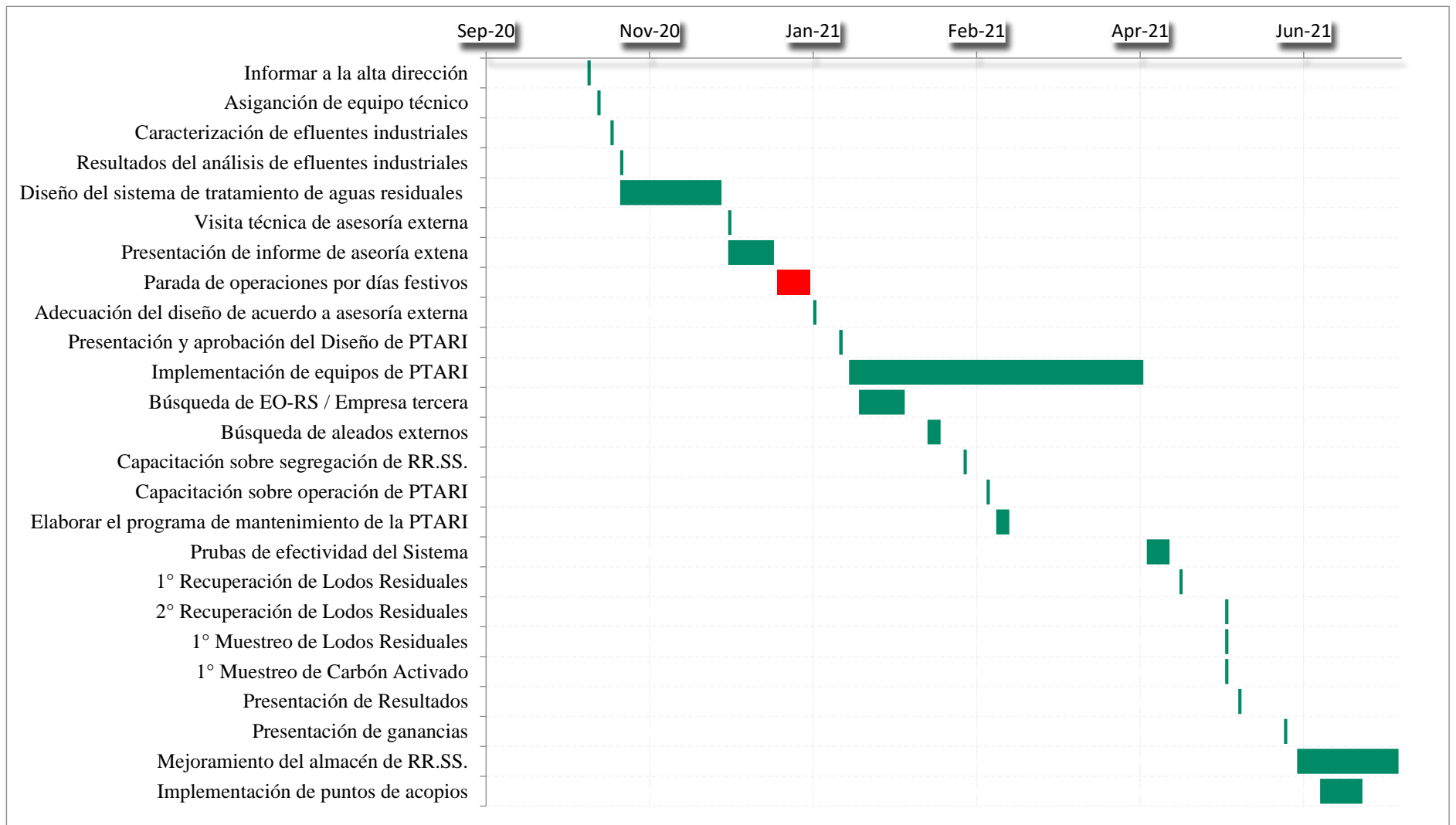
MATRIZ DE ASIGNACIÓN DE RESPONSABILIDADES (RASCI)					
DEFINICIÓN	RESPONSABLE			RESPONSABILIDAD	
R Responsable	Analista de Bach. Medio Ambiente	de	Bach. Ciencias Ambientales	En	Es el encargado de asegurar la ejecución de la tarea.
+A Quien rinde cuentas (Accountable)	Coordinador de Mantenimiento		Téc. Mecánico		Brinda soporte técnico respecto al diseño de la PTARI, tipo de estructura, equipos disponibles y capacidad.
	Coordinador de Laboratorio		Ing. Metalúrgico		Indica los resultados de las pruebas de tratamiento de aguas residuales industriales e informa respecto al comportamiento de los metales.
S Apoya (Support)	Coordinador de SSOMA		Ing. Metalúrgico		Analiza la parte técnica de Seguridad y Salud en el trabajo y ejecuta pruebas del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales.
C Consultado (Consulted)	Jefe de Planta		Ing. Químico		Brinda soporte técnico respecto al uso y comportamiento de los insumos químicos en el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales.
I Informado (Informed)	Jefe de Planta		Ing. Metalúrgico		Es informado del trabajo que se está realizando para brindar los recursos necesarios.

Nota. Elaboración propia.

Anexo 5. Diagrama de Gantt

NOMBRE DE LA TAREA	FECHA DE INICIO	FECHA FINAL	DURACIÓN EN DÍAS
Informar a la alta dirección	2020-10-27	2020-10-27	1
Asignación de equipo técnico	2020-10-30	2020-10-30	1
Caracterización de efluentes industriales	2020-11-03	2020-11-03	1
Resultados del análisis de efluentes industriales	2020-11-06	2020-11-06	1
Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales	2020-11-06	2020-12-07	31
Visita técnica de asesoría externa	2020-12-09	2020-12-09	1
Presentación de informe de asesoría externa	2020-12-09	2020-12-23	14
Parada de operaciones por días festivos	2020-12-24	2021-01-03	10
Adecuación del diseño de acuerdo a asesoría externa	2021-01-04	2021-02-09	1
Presentación y aprobación del Diseño de PTARI	2021-01-12	2021-01-12	1
Implementación de equipos de PTARI	2021-01-15	2021-04-15	90
Búsqueda de EO-RS / Empresa tercera	2021-01-18	2021-02-01	14
Búsqueda de aliados externos	2021-02-08	2021-02-12	4
Capacitación sobre segregación de RR.SS.	2021-02-19	2021-02-19	1
Capacitación sobre operación de PTARI	2021-02-26	2021-02-26	1
Elaborar el programa de mantenimiento de la PTARI	2021-03-01	2021-03-05	4
Pruebas de efectividad del Sistema	2021-04-16	2021-04-23	7
1° Recuperación de Lodos Residuales	2021-04-26	2021-04-26	1
2° Recuperación de Lodos Residuales	2021-05-10	2021-05-10	1
1° Muestreo de Lodos Residuales	2021-05-10	2021-05-10	1
1° Muestreo de Carbón Activado	2021-05-10	2021-05-10	1
Presentación de Resultados	2021-05-14	2021-05-14	1
Presentación de ganancias	2021-05-28	2021-05-28	1
Mejoramiento del almacén de RR.SS.	2021-06-01	2021-07-02	31
Implementación de puntos de acopios	2021-06-08	2021-06-21	13
TOTAL, DE DÍAS			237

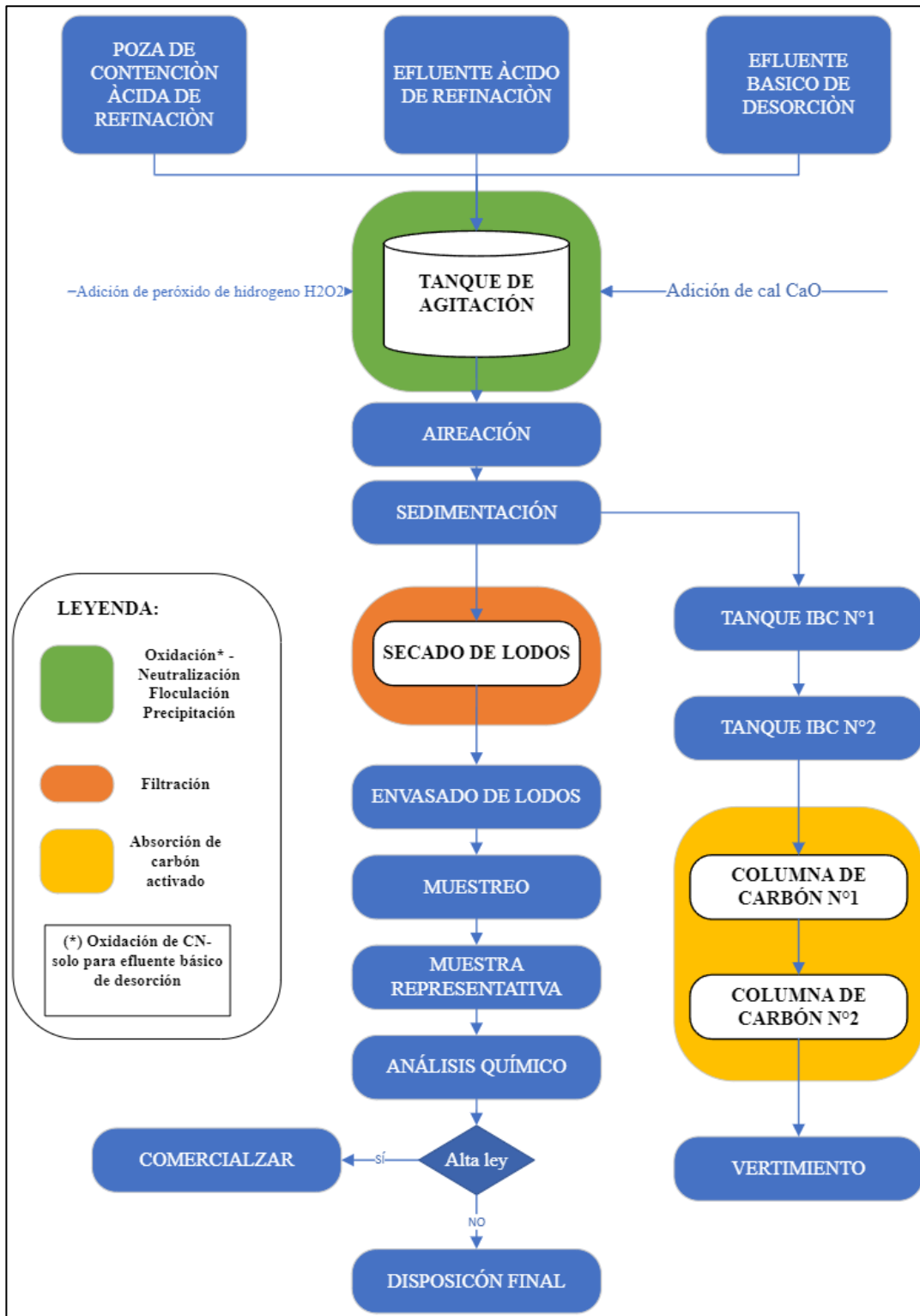
Nota. Elaboración propia



Anexo 6. Resultado de la caracterización de efluentes

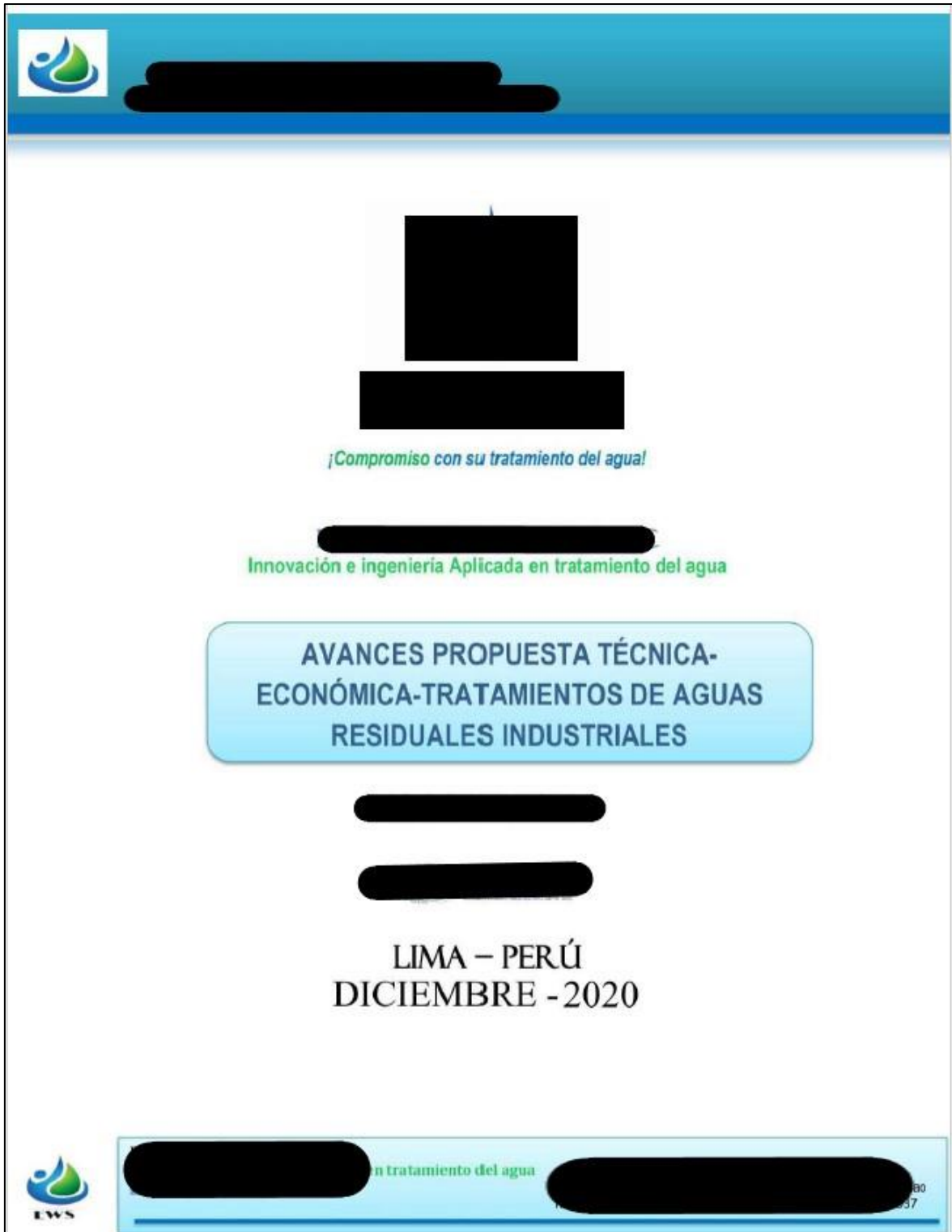
INFORME DE ENSAYOS											
N° [REDACTED]											
Cliente : [REDACTED]											
Referencia : GR N° [REDACTED]											
Solicitud de Análisis : Lote											
Recepción de Muestras											
Método : Absorción atómica											
Descripción : Solución											
Envase : Bolsa transparente											
Cantidad : 3											
Fecha Ingreso : 3-nov-20											
Item	N° Lab.	Código	Cu	Zn	Pb	As	Sb	Bi	Fe	Au	Ag
		Código	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
		Código	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1	AA-0110	EBD	56.703	5.143	0.419	16.227	1.444	0.237	77.415	0.473	2.586
2	AA-0010	EAF	397.319	3009.238	52.575	<0.002	0.122	0.089	465.760	0.506	0.683
3	AA-0310	EAA	0.618	0.532	0.448	2.844	0.091	0.416	6.158	0.048	0.038
Lima, 6 de noviembre del 2020											

Anexo 7. Primera propuesta de diseño de la PTARI




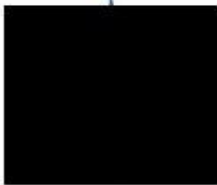
Nota. Elaboración propia

Anexo 8. Resultados e informe de la empresa de asesoría externa



The image shows the cover page of a technical-economic proposal. At the top left is the EWS logo, a stylized water drop in blue and green. Below it is a large black redaction bar. The main title is centered in a light blue rounded rectangle: "AVANCES PROPUESTA TÉCNICA-ECONÓMICA-TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES". Above the title is a black redaction bar, and below it is the slogan "¡Compromiso con su tratamiento del agua!". Below the slogan is another black redaction bar, followed by the text "Innovación e ingeniería Aplicada en tratamiento del agua". At the bottom, the location and date are listed: "LIMA – PERÚ" and "DICIEMBRE - 2020". The footer contains the EWS logo on the left, a black redaction bar, the text "n tratamiento del agua", another black redaction bar, and the number "80" and "37" on the right.

 [Redacted]


[Redacted]

¡Compromiso con su tratamiento del agua!

[Redacted]


Innovación e ingeniería Aplicada en tratamiento del agua

**AVANCES PROPUESTA TÉCNICA-
ECONÓMICA-TRATAMIENTOS DE AGUAS
RESIDUALES INDUSTRIALES**

[Redacted]

[Redacted]

LIMA – PERÚ
DICIEMBRE - 2020

 [Redacted] n tratamiento del agua [Redacted] 80
37



AVANCES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES

1. Objetivos:

1.1 llegar a cumplir los VMA (valores máximos admisibles, según Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA) de los parámetros de metales más críticos en los efluentes tratados hacia la alcantarilla.

2. Metodología de Prueba:

2.1. Se solicita una muestra de 20 litros al personal operativo, tanto de agua residual ácida y básica.

2.2. Para todo el periodo de la prueba se utilizó el equipo de prueba de jarras para la optimización de las dosis de los químicos, ver foto N°1.

2.3. Se hace una varias mezclas de agua ácida y agua básica, la que finalmente se utilizó fue la 30% por 70% respectivamente.

2.4. Se utilizó floculante diluido al 1.5% m/v, para aumentar la velocidad de sedimentación.

2.3. Se midió los parámetros de metales totales y PH, antes y al final de la prueba.

2.4. Se les hizo pasar por el equipo nivel laboratorio de resinas catiónica, aniónica y carbón activado.

2.5. Finalmente se utilizó equipo de absorción de masas (atómica) para el análisis de metales totales.





In



4. Observaciones, conclusiones y recomendaciones:

4.1 Se concluye que el sistema propuesto de **desionización/carbon activado**, cumple con los objetivos propuestos de remoción de metales críticos.

4.3 Se recomienda el uso de este **sistema de desionización** de metales ya que indirectamente **la reduce la DQO** de los parametros (Valores maximos admisibles), fiscalizados por SEDAPAL, SUNASS y/o OEFA.

4.4 El sistema no se encuentra **optimizado**, ya que los **tiempos de contacto y saturación** en resinas y de carbón activado no han sido estudiados.

4.5 En los resultados se observa contaminación de una muestra frente a otra ya que los valores de arsenico deben ser menores pero al ser mas altos se refiere a contaminación (P73-1, PT3-2).

4.4 Se recomienda para la adquisición de mayores volumenes de muestra un **sistema piloto**.

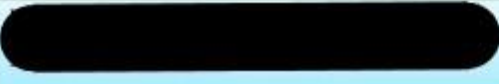




agua

3. Resultados:

INFORME DE ENSAYOS								
Nº: ES20 [REDACTED]								
Cliente	: [REDACTED]							
Referencia	: GR Nº [REDACTED]							
Solicitud de Análisi	: Lote							
Recepción de Muestras								
Método	: Absorción atómica							
Descripción	: Solución							
Envase	: Frasco transparente							
Cantidad	: 7							
Fecha Ingreso	: 11-dic.-2020							
Item	Nº Lab.	Código Cliente	Descripción	Cu ppm	As ppm	Pb ppm	Zn ppm	PH
1	AA-0115	EBD	Agua residual industrial basica	6.606	16.976	0.121	1.035	13.0
2	AA-0215	EAR	Agua residual industrial acida	1.677.381	0.071	46.521	1.004.019	1.0
3	AA-0315	P73-3	Agua actualmente tratada/re-tratada	<0.002	0.575	<0.002	<0.002	9.0
4	AA-0415	P73-2	Agua actualmente tratada solo con resina	15.548	1.340	<0.002	325.135	7.0
5	AA-0515	P73-1	Agua actualmente tratada	135.971	0.643	<0.002	481.726	7.0
6	AA-0615	PB73-3	Agua tratada: desionizado y carbon activado	0.088	1.094	<0.002	0.023	8.5
7	AA-0715	PB73-2	Mezcla de agua acida 30%V/basica70%V	257.215	8.527	2.111	52.664	12.0





Im [Redacted]

COTIZACION: [Redacted]

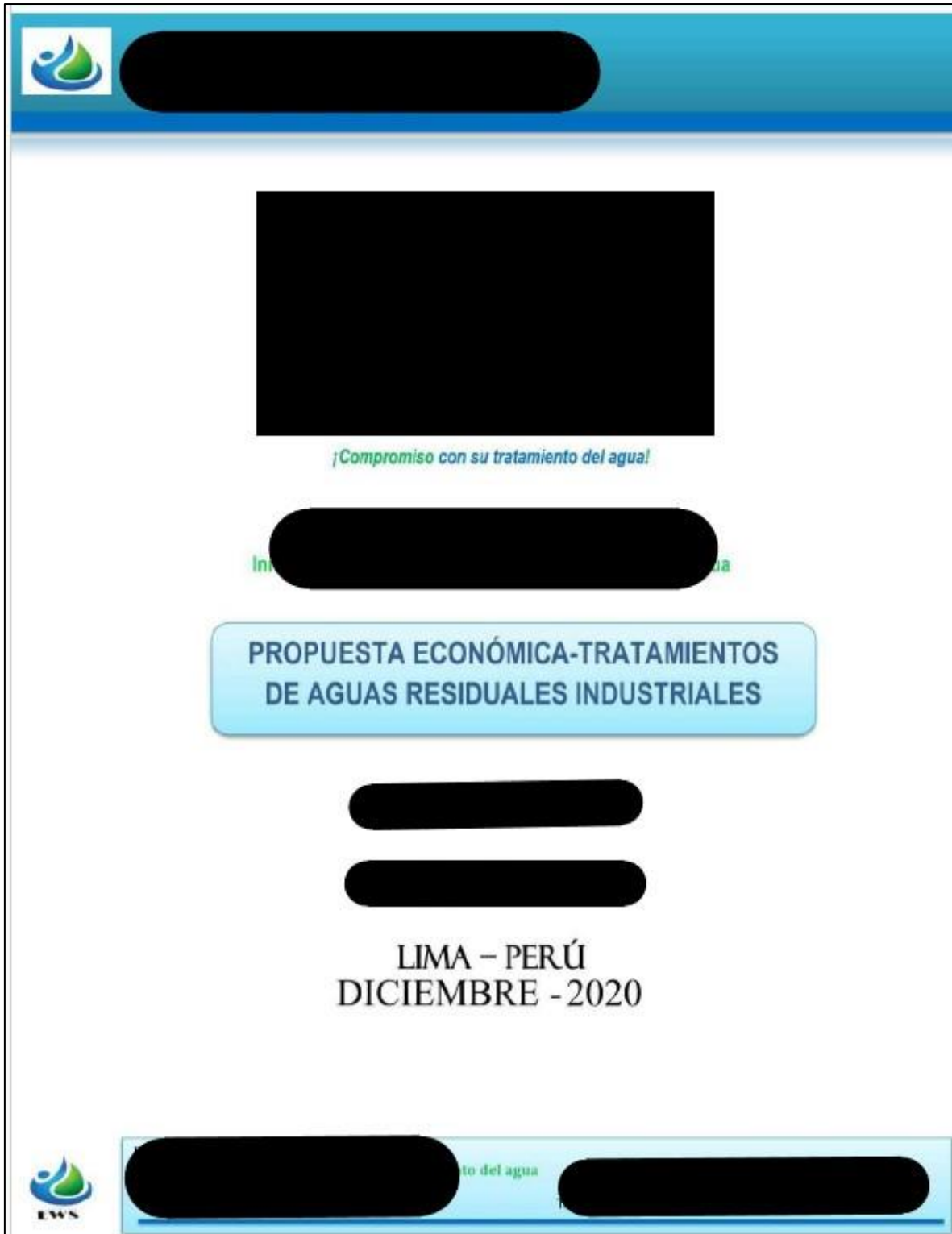
Proyecto	[Redacted]	Requerimiento		Fecha	23/12/2020
Cliente	[Redacted]	Cod. cliente		Ruc.	
Contacto		Dirección			
Teléfono		Formulado por	[Redacted]		
Correo		Referencia	Via E-mail		

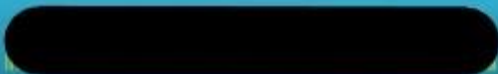
ITEM	U.M	CANTIDAD	DESCRIPCION DE PRODUCTOS	PRECIO UNIT USD \$	PRECIO TOTAL USD \$ SIN IGV
1	UND	1	SERVICIO DE PILOTAJE CON RESINAS/CARBON ACTIVO: <ul style="list-style-type: none">✓ 0.5 pie3 de carbón activado para agua industrial✓ 0.5 pie3 de resina catiónica.✓ 0.5 pie3 de resina aniónica.✓ Sistema de porta resinas y carbón.	490.00	490.00
				SUB TOTAL USD \$	490.00
				TOTAL IGV 18% USD	88.20
				TOTAL USD \$	578.20



[Redacted]

Anexo 9. Propuesta de diseño del asesor externo





Lima, 23 de diciembre 2020


Señor:



Asunto: PROPUESTA ECONÓMICA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL.

Presente. -

De mi mayor consideración:

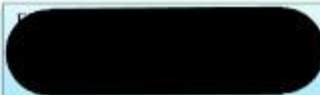
Nos es grato saludar en representación de 

Mediante la presente me dirijo a usted para saludarlo cordialmente y a la vez hacerle llegar nuestra propuesta técnica-económica de: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.

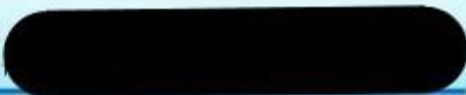
Esperando que nuestra propuesta sea de su interés nos despedimos de Uds.

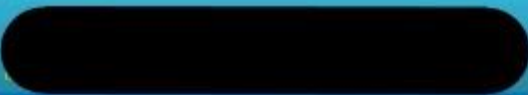

EWS 

Innovación e Ingeniería aplicada en tratamiento del agua

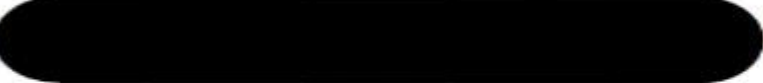


tratamiento del agua

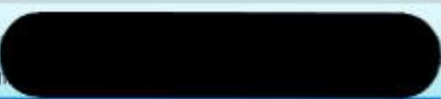
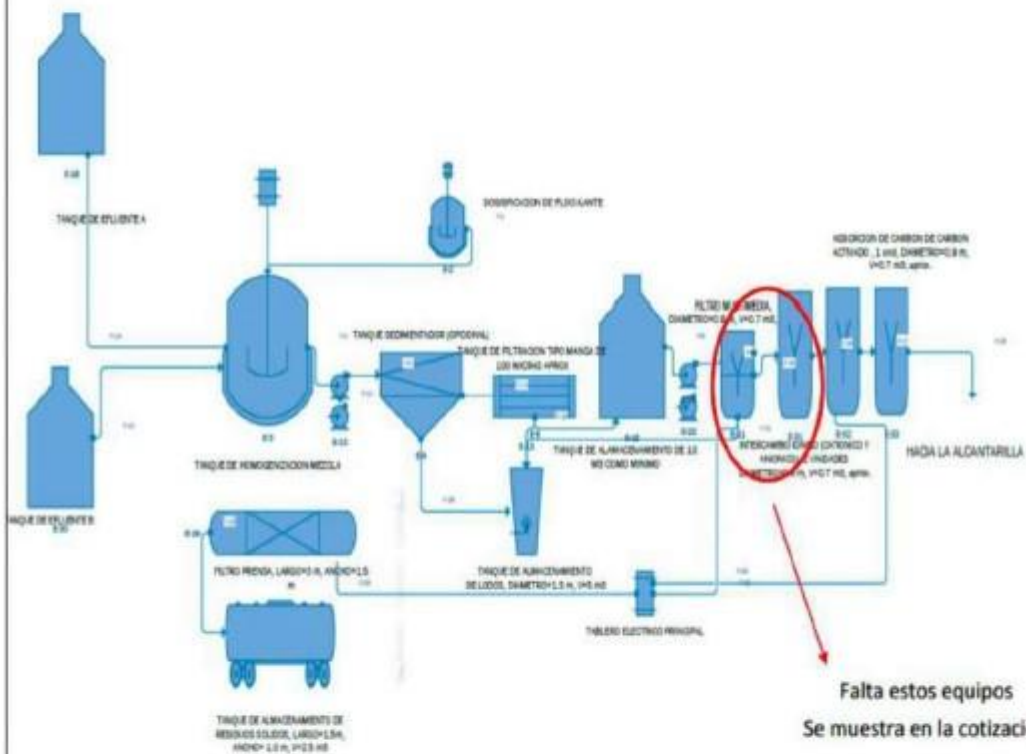




DI



7 de diciembre de 2018





COTIZACION: COT-829-2020

Proyecto	[REDACTED]	Requerimiento		Fecha	23/12/2020
Cliente	[REDACTED]	Cod. cliente		Ruc.	
Contacto	[REDACTED]	Dirección			
Teléfono	[REDACTED]	Formulado por	[REDACTED]		
Correo		Referencia	Via E-mail		

ITEM	U.M	CANTIDAD	DESCRIPCION DE PRODUCTOS	PRECIO UNIT USD \$	PRECIO TOTAL USD \$ SIN IGV
1	UND	1	FILTRO MULTIMEDIA: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Perfil de gravas. ✓ Automático, para programar en tiempo volumen. ✓ Material: Polietileno reforzado con fibra de vidrio, resistente a la corrosión. ✓ Volumen: 10 pie3 	2,190.00	2,190.00
2	UND	1	INTERCAMBIADOR IONICO CATIONICO: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Lecho de resina catiónico ✓ Automático, para programar en tiempo volumen. ✓ Material: Polietileno reforzado con fibra de vidrio, resistente a la corrosión. ✓ Volumen: 10 pie3 	2,490.00	2,490.00
3	UND	1	INTERCAMBIADOR IONICO ANIONICO: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Lecho de resina aniónico ✓ Semi-mando, en tiempo y volumen. ✓ Material: Polietileno reforzado con fibra de vidrio, resistente a la corrosión. ✓ Volumen: 10 pie3 	2,490.00	2,490.00
4	Kg	25	FLOCULANTE ESPECIFICO: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Tratamiento de aguas industriales de mina. ✓ Sólido en polvo. ✓ Bolsas impermeables por 25 Kg. ✓ Alto peso molecular ✓ Poliacríamida aniónica. 	5.90	147.50



[REDACTED]

Anexo 10. Programa de Limpieza y Mantenimiento de la PTARI

			TIPO DE DOCUMENTO: PROGRAMA		CODIGO:																			
			PROGRAMA ANUAL AMBIENTAL 2020		REVISIÓN: 1																			
					PROX. REVISIÓN: 1/01/20210																			
					VIGENCIA: 31/12/2020																			
					PÁGINAS:																			
SEGUIMIENTO DE ACTUALIZACIONES			LEYENDA																					
ORDEN	NOMBRE	FECHA	PA	Programa del eje Agua		Fila de cantidad programada mesualizada																		
ÚLTIMO	ANA MARIA QUISPE YUNCATTUPA	6/2/2021		Fila de cantidad programada anual o trimestral		Fila para control mensualizado																		
PENÚLTIMO	ANA AMRIA QUISPE YUNCATTUPA	15/1/2021		Fila de control anual o trimestral		Acción en proceso de ejecución																		
EJE DE TRABAJO: TRATAMIENTO DE EFLUENTES Y USO DE AGUA																								
CÓDIGO	ACTIVIDADES DESCRIPCIÓN	PERIODICIDAD	INDICADORES Unidad de Medida	CANTIDAD												PROGRAMACIÓN	MEDIO DE VERIFICACIÓN	RESPONSABLES						
				ANUAL	I TRIM	II TRIM	III TRIM	IV TRIM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL				AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
PA-01 OBJETIVO 01.- Cumplir con la limpieza y mantenimiento del sistema de tratamiento																								
PA-01-01	-Limpieza y Mantenimiento de poza de contención básica de desorción	Semestral	N° Acciones	1	0	1	0	0	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	- Registro de actividades de mantenimiento.	- SSOMA; DESORCIÓN
PA-01-02	-Limpieza y Mantenimiento de poza de contención ácida de re-activación	Semestral	N° Acciones	1	0	0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	- Registro de actividades de mantenimiento.	- SSOMA; DESORCIÓN
PA-01-03	- Limpieza y Mantenimiento de poza de contención ácida de refinación	Semestral	N° Acciones	1	0	0	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	- Registro de actividades de mantenimiento.	- SSOMA; PRODUCCIÓN
PA-01-04	- Limpieza y Mantenimiento de poza de contención de lodos de PTAR	Semestral	N° Acciones	4	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	- Registro de actividades de mantenimiento.	- SSOMA; DESORCIÓN
PA-01-05	- Limpieza y Mantenimiento Integral de la PTAR	Trimestral	N° Acciones	3	0	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	- Registro de actividades de mantenimiento.	- SSOMA
PA-01-06	- Limpieza y Mantenimiento de las cajas de registro	Mensual	N° Acciones	8	0	2	3	3	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	- Registro de actividades de mantenimiento.	- SSOMA
PA-01-07	- Limpieza y Mantenimiento de tanques tipo IBC N°1 y N°2	Bimestral	N° Acciones	4	0	1	1	2	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	-	1	-	1	- Registro de actividades de mantenimiento.	- SSOMA
PA-01-08	- Limpieza y Mantenimiento de las Columnas de carbón N°1 y N°2	Mensual	N° Acciones	8	0	2	3	3	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	- Registro de actividades de mantenimiento.	- SSOMA
PA-01-09	- Limpieza y retiro de lodos precipitados	Quincenal	N° Acciones	16	0	4	6	6	-	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2	- Registro de actividades de mantenimiento.	- SSOMA
PA-01-10	- Limpieza de filtros de grava	Mensual	N° Acciones	8	0	2	3	3	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	- Registro de actividades de mantenimiento.	- SSOMA
PA-02 OBJETIVO 02.- Tratar el agua residual industrial que se genera																								
PA-02-01	-Tratamiento de efluentes ácido de re-activación (AA)	Permanente	% Efluente tratado	# DIV O #####	100%	100%	100%	-	-	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Control de tratamiento de agua	- SSOMA
PA-02-02	-Tratamiento de efluentes ácido de refinación (AR)	Permanente	% Efluente tratado	# DIV O #####	100%	100%	100%	-	-	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Control de tratamiento de agua	- SSOMA
PA-02-03	-Tratamiento de efluentes básico de desorción (AA)	Permanente	% Efluente tratado	# DIV O #####	100%	100%	100%	-	-	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Control de tratamiento de agua	- SSOMA
PA-02-04	-Tratamiento de efluentes de mesa gravimétrica (AA)	Permanente	% Efluente tratado	# DIV O #####	100%	100%	100%	-	-	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Control de tratamiento de agua	- SSOMA
PA-04 OBJETIVO 03.- Lograr integrar el Registro de Usuarios No Domésticos (RUND)																								
PA-04-01	- Presentar solicitud de inscripción	Puntual	N° solicitudes	1	0	1	0	0	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	- Cargo de solicitud	- SSOMA
PA-04-02	- Seguimiento a la evaluación de solicitud y obtención de código RUND	Puntual	N° solicitud aprobada	1	0	1	0	0	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	- Doc. de incorporación al RNUD	- SSOMA
PA-05 OBJETIVO 04.- Capacitar al personal en manejo del Sistema de Tratamiento																								
PA-05-01	- Realizar la capacitación técnica al personal encargado del sistema de tratamiento	Anual	N° capacitaciones	4	1	1	2	0	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	- Registro de capacitación	- SSOMA
PA-06 OBJETIVO 05- Mantener un adecuado control documentario del Sistema																								
PA-06-01	- Llevar un registro documentario de las acciones de Limpieza y Mantenimiento	Permanente	% Registro actualizado	# DIV O #####	100%	100%	100%	-	-	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Registro de mantenimiento	- SSOMA
PA-06-02	- Mantener actualizado el control tratamiento de agua	Permanente	% Registro actualizado	# DIV O #####	100%	100%	100%	-	-	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Control de tratamiento de agua	- SSOMA
PA-06-03	- Llevar un registro del pago del servicio de suministro de agua	Permanente	% Registro actualizado	# DIV O #####	100%	100%	100%	-	-	-	-	-	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Registro de pagos	- SSOMA, CONTABILIDAD

Anexo 11. Pruebas de efectividad del sistema de PTARI

INFORME DE ENSAYOS											
N°: ES21 [REDACTED]											
Cliente	[REDACTED]										
Referencia	GR N° [REDACTED]										
Solicitud de Análisis	Lote										
Recepción de Muestras											
Método	Absorción atómica										
Descripción	Solución										
Envase	Frasco transparente										
Cantidad	4										
Fecha Ingreso	17-abr.-21										
Item	N° Lab.	Código Cliente	Cu ppm	Zn ppm	Pb ppm	As ppm	Sb ppm	Bi ppm	Fe ppm	Au ppm	Ag ppm
1	AA-0110	EED	115.170	3.618	0.051	14.254	0.657	0.165	96.398	0.869	3.985
2	AA-0010	EAR	864.679	2009.468	38.466	<0.002	0.068	0.075	831.674	0.469	0.831
3	AA-0310	EAA	1.633	0.498	0.326	1.103	0.079	0.654	8.128	0.268	0.067
5	AA-0510	ECR	1.164	5.358	0.019	<0.002	<0.002	0.010	0.068	0.097	0.965
Lima, 16 de abril del 2021											

Anexo 12. Resultados de monitoreo de efluentes con laboratorio ambiental externo

**INFORME DE ENSAYO N° [REDACTED]
CON VALOR OFICIAL**

RAZÓN SOCIAL : [REDACTED]
 DOMICILIO LEGAL : [REDACTED]
 SOLICITADO POR : [REDACTED]
 REFERENCIA : MONITOREO AMBIENTAL
 PROCEDENCIA : [REDACTED]
 FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2021-04-19
 FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 2021-04-19
 MUESTREO POR : [REDACTED]

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Aceites y grasas (HEM)	EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry, 2010	0.3 ⁽¹⁾	mg/L
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	SM 5210 B. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	2.00 ⁽¹⁾	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SM 5220 D. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.	10.0	O ₂ mg/L
Cenizas Totales	SM 4500 CN-C, E. Cyanide. Total Cyanide after Distillation. Colorimetric Method.	0.005	mg/L
Cromo Hexavalente (VI)	SM 3500-Cr- B / EPA-SW-846, Method 7196A. Chromate Hexavalent (Colorimetric). 2012/1992	0.007	mg/L
Nitrógeno Amomiacal / NH ₃	SM 4500-NH ₃ -B, C. Nitrogen (Ammonia). Preliminary Distillation Step. Titrimetric Method.	1.00	NH ₃ -N mg/L
Sólidos suspendidos totales (TSS)	SM 2540 D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.	3.00	mg/L
Sólidos Sedimentables (SS)	SM 2540 F. Solids. Settleable Solids.	0.5	mL/L/h
Sulfatos	SM 4500 SO ₄ ²⁻ E. Sulfate. Turbidimetric Method.	1.00	SO ₄ ²⁻ mg/L
Sulfuros	SM 4500 S ²⁻ D. Sulfide. Methylene Blue Method.	0.002	S ²⁻ mg/L
pH (medición en campo)	SM 4500 H ⁺ B. pH Value. Electrometric Method	---	Unid. pH
Temperatura (medición en campo)	SM 2550 B. Temperature. Laboratory and Field Methods.	---	°C
Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Bario, Cadmio, Calcio, Calcio, Cromo, Cobalto, Cobalto, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Silicio(SiO ₂), Plata, Sodio, Estroncio, Talco, Estaño, Titanio, Vanadio, Zinc).	EPA Method 200.7, Rev. 4.4. ENPC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry, 1994	---	mg/L

L.C.: Límite de cuantificación.

(1) Toma de muestra de acuerdo a plan de muestreo N° 12375 y procedimiento PL-009.

(x) Expresado como límite de detección del método.

INFORME DE ENSAYO N° [REDACTED] CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua residual industrial	Agua residual industrial	Blanco	Blanco	
Matriz analizada	Agua residual	Agua residual	---	---	
Fecha de muestreo	2021-04-19	2021-04-19	---	---	
Hora de inicio de muestreo (h)	11:15	11:15	---	---	
Coordenadas UTM WGS 84	[REDACTED]	[REDACTED]	---	---	
Altitud (msnm)	260	260	---	---	
Descripción del punto de muestreo	Última caja de registros antes de la descarga al sistema de alcantarillado (Av. [REDACTED])	Última caja de registros antes de la descarga al sistema de alcantarillado (Av. [REDACTED])	---	---	
Condiciones de la muestra	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada	
Código del Cliente	[REDACTED]	DUBLICADO [REDACTED]	Blanco de campo (BKc)	Blanco viajero (BKv)	
Código del Laboratorio	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	
Ensayos	Unidades	Resultados			
Acíbles y grasas (MGM)	mg/L	<0.5	///	///	///
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	301.30	///	///	///
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O ₂ mg/L	8793	///	///	///
Cianuro Total	mg/L	0.48	///	///	///
Cromo Hexavalente (VI)	mg/L	<0.007	///	<0.007	///
Nitrógeno Amónico / NH ₃	NH ₃ -N mg/L	81.22	///	///	///
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	4.76	///	///	<3.00
Sólidos Sedimentables (SS)	mL/L/h	<0.5	<0.5	///	///
Sulfatos	SO ₄ ²⁻ mg/L	144.30	///	///	///
Sulfuros	S ²⁻ mg/L	<0.5	<0.5	///	///
pH (medición en campo)	Unid. pH	6.91	6.92	///	///
Temperatura (medición en campo)	°C	28.7	28.6	///	///

Medición de pH realizada a 25°C.

///: Ensayo no realizado

INFORME DE ENSAYO N° [REDACTED] CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado		Agua residual industrial	Agua residual industrial	Blanco
Matriz analizada		Agua residual	Agua residual	---
Fecha de muestreo		2021-04-19	2018-01-27	---
Hora de inicio de muestreo (h)		11:15	11:15	---
Coordenadas UTM WGS 84		[REDACTED]	[REDACTED]	---
Altitud (mnm)		260	260	---
Descripción del punto de muestreo		Última caja de registros antes de la descarga al sistema de alcantarillado (Av. [REDACTED])	Última caja de registros antes de la descarga al sistema de alcantarillado (Av. [REDACTED])	---
Condiciones de la muestra		Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada
Código del Cliente		[REDACTED]	DUBLICADO (EL-01)	Blanco de campo (BCC)
Código del Laboratorio		[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
Ensayo	L.D.N.	unidades	Resultados	
Metales totales				
Plata (Ag)	0.0007	mg/L	<0.0007	<0.0007
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	<0.01	<0.01
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.012	0.014
Boro (B)	0.002	mg/L	10.244	10.257
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.132	0.125
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003
Calcio (Ca)	0.05	mg/L	>400	>400
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	0.0730	0.0724
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	0.0114	0.0126
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	0.0207	0.0220
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	0.011	0.010
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	22.51	25.54
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.051	0.049
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	27.94	30.50
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	0.0148	1.0020
Niobio (Nb)	0.002	mg/L	0.028	0.028
Sodio (Na)	0.02	mg/L	>350	>350
Níquel (Ni)	0.0006	mg/L	1.0042	1.7987
Fósforo (P)	0.003	mg/L	0.041	0.044
Plomo (Pb)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	0.276	0.281
Silicio (SiO ₂)	0.03	mg/L	5.18	5.09
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	2.785	2.862
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003
Talio (Tl)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	>50	>50

L.D.N.: Límite de detección del método.

Lima, 02 de Mayo del 2021

Página 3 de 5

Anexo 13. Resultados del primer muestreo de lodos

INFORME DE ENSAYOS						
N° : ES21 [REDACTED]						
Cliente [REDACTED]						
Referencia : GR N° [REDACTED]						
Solicitud de Análisis : Lote						
Recepción de Muestras						
Método : Fire Assay/Gravimetría						
Descripción : Carbón activado/Relave						
Envase : Bolsa transparente						
Cantidad : 2						
Fecha Ingreso : 10-may.-21						
Item	N° Lab.	Código	Au	Ag		
		Código	g/Kg	g/Kg		
		Código	g/Kg	g/Kg		
1	ESF-0410	RELAVE MIL	0.094	0.126		
Item	N° Lab.	Código	Au		Ag	
		Código	Onz/TC	g/TM	Onz/TC	g/TM
		Código	Onz/TC	g/TM	Onz/TC	g/TM
1	ESF-0510	RELAVE MIL	0.014	0.480	0.168	5.759
Lima, 13 de mayo del 2021						

Anexo 14. Resultados del primer muestreo de carbón

INFORME DE ENSAYOS										
N° : ES21 [REDACTED]										
Cliente	[REDACTED]									
Referencia	: GR N° [REDACTED]									
Solicitud de Análisis	: Lote									
Recepción de Muestras										
Método	: Fire Assay/Gravimetría Absorción atómica Determinación de humedad									
Descripción	: Lodo									
Envase	: Bolsa transparente									
Cantidad	: 1									
Fecha Ingreso	: 10-may.-21									
Item	N° Lab.	Código	Au		Ag					
		Cliente	Onz/TC	g/TM	Onz/TC	g/TM				
1	ESF-0308	LOTE 05	0.417	14.295	6.849	234.784				
Item	N° Lab.	Código	Cu	Zn	Pb	As	Sb	Bi	Fe	
		Cliente	%	%	%	%	%	%	%	
1	AA-0308	LOTE 05	17.284	14.035	0.470	0.130	<0.002	0.005	2.313	
Item	N° Lab.	Código	HUMEDAD							
		Cliente	%							
1	HH-0108	LOTE 05	79.69							
Lima, 13 de mayo del 2021										

Anexo 15. Precio de venta del Au, Ag y Cu en mayo del 2020

Precio del oro para el 14 de mayo del 2021



Nota. Extraído de Kitco.com

Precio de la plata para el 14 de mayo del 2021



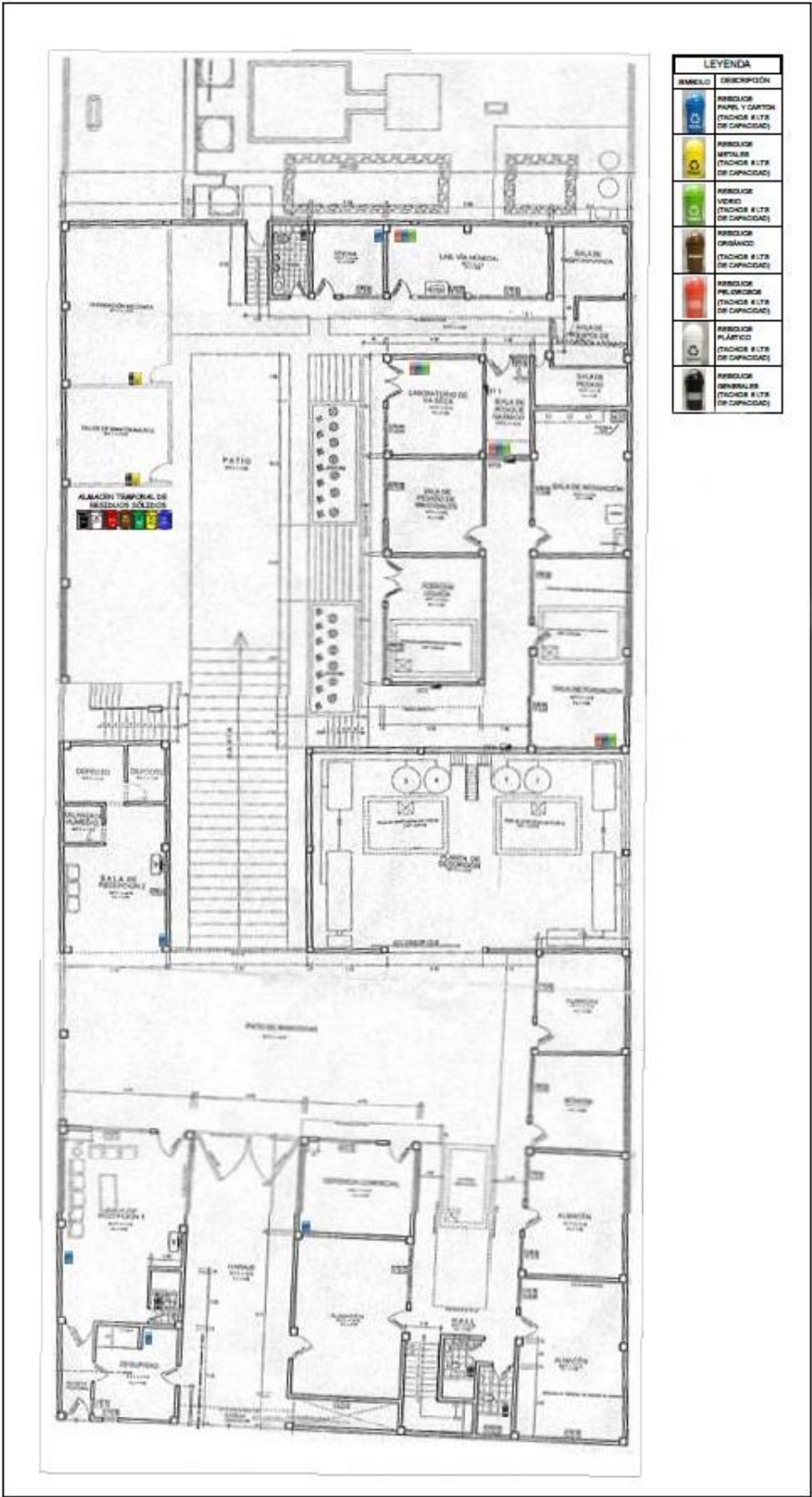
Nota. Extraído de Kitco.com oro para el 14 de mayo del 2021

Precio del oro para el 14 de mayo del 2021



Nota. Extraído de Kitco.com

Anexo 16. Plano de puntos de segregación



Anexo 17. Matriz de seguimiento de generación de residuos sólidos

GENERACION																	ALMACENAMIENTO				TIPO DE MANEJO			
N° Servicio	Año	Mes	Fecha d generaci.	Hora c regist.	Tipo	Especificación	Generado	Cantidad (k)	Recipient	Material	Acción	Estado	Año del Manej	Mes del Manej	Fecha	Razón social y siglas la EO-RS	N° Reg Fech							
20-06	2020	Marzo	23/03/2020	10:12:00	Envases de productos o insumos peligrosos	envases de Borax / muestra	FUNDICIÓN	3.00	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	23/03/2020	10:12:00	Envases de productos o insumos peligrosos	envases de soda -CN	DESORCIÓN	1.50	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	23/03/2020	10:12:00	Envases de productos o insumos peligrosos	envases de soda -CN	DESORCIÓN	2.00	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	23/03/2020	10:12:00	EPPs en desuso	PTAF	FUNDICIÓN	1.40	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	23/03/2020	10:12:00	EPPs en desuso	epps	SSOMA	16.30	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	23/03/2020	10:12:00	EPPs en desuso	epps	SSOMA	14.50	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	23/03/2020	10:12:00	EPPs en desuso	epps	RETORTA	2.00	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	23/03/2020	10:12:00	Envases de productos o insumos peligrosos	envases	LABORATORIO	2.20	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	23/03/2020	10:12:00	Envases de productos o insumos peligrosos	envases	LABORATORIO	2.70	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	26/03/2020	16:00	Envases de productos o insumos peligrosos	Copeta en desuso	LABORATORIO	343.60	latas	metálico	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	26/03/2020	16:00	Escoria	Escoria en desuso	LABORATORIO	872.00	latas	metálico	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	26/03/2020	16:00	Crisol Molido	Crisol Molido en desuso	LABORATORIO	934.60	latas	metálico	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	31/03/2020	05:06	trapos contaminados	trapos	FUNDICIÓN	5.40	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	31/03/2020	05:06	EPPs en desuso	tywek	DESORCIÓN	1.20	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	31/03/2020	05:07	Envases de productos o insumos peligrosos	envases de soda -CN	DESORCIÓN	5.00	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	31/03/2020	05:07	EPPs en desuso	epps	DESORCIÓN	7.20	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	31/03/2020	05:08	EPPs en desuso	tywek	DESORCIÓN	2.20	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	31/03/2020	05:08	EPPs en desuso	tywek	DESORCIÓN	3.40	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	31/03/2020	05:09	EPPs en desuso	tywek	DESORCIÓN	3.00	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	31/03/2020	05:09	Envases de productos o insumos peligrosos	envases de soda -CN	DESORCIÓN	4.40	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	4/04/2020	09:00	Envases de productos o insumos peligrosos	todo contaminado	DESORCIÓN	7.00	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	4/04/2020	09:00	Envases de productos o insumos peligrosos	envases de soda -CN	DESORCIÓN	1.80	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	4/04/2020	09:00	trapos contaminados	trapos	DESORCIÓN	1.80	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	4/04/2020	09:00	EPPs en desuso	tywek	DESORCIÓN	2.40	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	4/04/2020	09:00	Envases de productos o insumos peligrosos	envases de Borax / muestra	FUNDICIÓN	2.20	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	4/04/2020	09:01	Envases de productos o insumos peligrosos	envases de Borax / muestra	FUNDICIÓN	1.70	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	10/04/2020	11:40	EPPs en desuso	tywek	LABORATORIO	3.02	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	10/04/2020	11:40	Envases de productos o insumos peligrosos	envases de soda -CN	DESORCIÓN	2.14	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	10/04/2020	11:41	EPPs en desuso	tywek	DESORCIÓN	2.20	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	10/04/2020	11:42	EPPs en desuso	tywek	DESORCIÓN	2.80	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	10/04/2020	11:42	Envases de productos o insumos peligrosos	envases de soda -CN	DESORCIÓN	2.00	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	10/04/2020	11:43	Envases de productos o insumos peligrosos	envases de soda -CN	DESORCIÓN	3.80	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	10/04/2020	11:43	Envases de productos o insumos peligrosos	envases de Borax / muestra	FUNDICIÓN	0.40	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	13/04/2020	17:00	EPPs en desuso	tywek	DESORCIÓN	4.40	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	13/04/2020	17:01	Envases de productos o insumos peligrosos	envases de soda -CN	DESORCIÓN	3.20	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	13/04/2020	17:03	trapos contaminados	trapos	DESORCIÓN	5.40	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	13/04/2020	17:03	Envases de productos o insumos peligrosos	envases de soda -CN	DESORCIÓN	0.40	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	13/04/2020	17:04	Envases de productos o insumos peligrosos	envases de químicos	DESORCIÓN	1.00	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	17/04/2020	09:05	Envases de productos o insumos peligrosos	envases de soda -CN	DESORCIÓN	2.40	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	17/04/2020	09:05	Envases de productos o insumos peligrosos	envases de soda -CN	DESORCIÓN	2.80	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Abril	17/04/2020	09:06	EPPs en desuso	tywek	DESORCIÓN	3.20	Bolsa	Poliétileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							
20-06	2020	Marzo	5/05/2020	08:00	Carbón fino	Carbón fino lote 1(Los Andes Gold)	DESORCIÓN	18310.20	Big bag	Poliopropileno	Disposición Final	D.F. EFECTUADA	2020	Mayo	5/05/2020	GREEN CARE DEL PERU S.A	RS-0053-1							

Anexo 18. Registros fotográficos

Firma de convenio con el municipio



Visita técnica de los trabajadores al municipio



Campana municipal sobre sensibilización sobre segregación de residuos



Capacitación al personal sobre segregación de residuos sólidos y puntos de acopio



Capacitación sobre el cuidado de medio ambiente



Campana de sensibilización ambiental



Condiciones iniciales del almacenamiento de residuos sólidos



Pesado de residuos sólidos peligrosos



Valorización de residuos sólidos



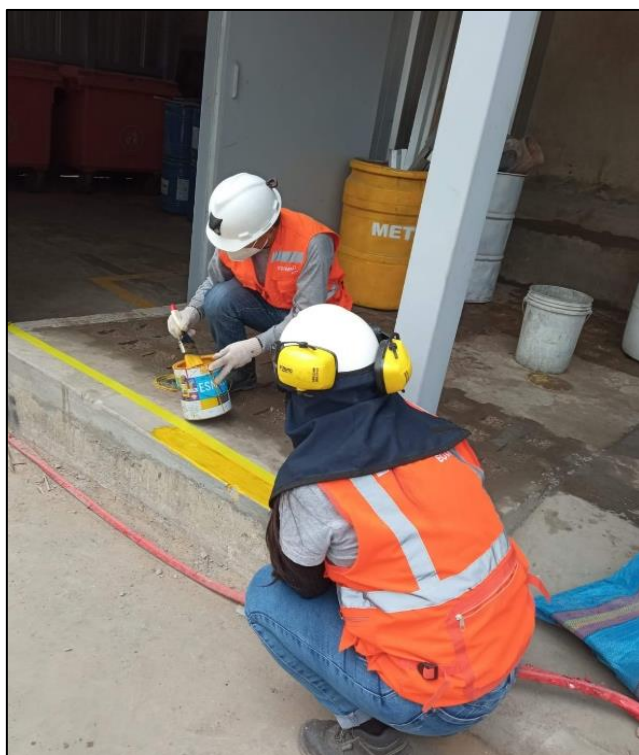
Implementación de la infraestructura del almacén de RR.SS.



Almacén de residuos sólidos



Personal de SSOMA señalizando el almacén central de RR.SS.



Almacén de residuos sólidos implementado



Habilitación de contenedores para almacén central



Puntos de acopio



Compra de plantas y árboles



Mejora de áreas verdes



Condición inicial de la PTARI



Acumulación de lodos



Cisterna de desorción de carbón activado



Muestreo de lodos



Columnas de carbón de la PTARI



Capacitación del personal sobre operación de PTARI



Tanque mezclador



Reunión con los asesores externos

