

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Sistema de gestión ambiental en la planta
concentradora de la Compañía Minera Raura S. A.
para mejorar la calidad de aire referente al
material particulado**

José Monago Cajahuamán

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Edwin Paucar Palomino

AGRADECIMIENTOS

A los miembros del jurado del presente trabajo de investigación, por sus aporte y sugerencias. A los ingenieros de E.C.M. VIJICSA de la Unidad Minera Raura, quienes aportaron con los puntos de mejora en la planta concentradora desde el año 2015 en adelante. De igual manera a ingenieros de la Compañía Minera Raura S.A., específicamente del Área de Medio Ambiente, quienes brindaron los datos de monitoreo de aire, objeto de estudio de la presente.

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi hija Kristell, quien es el motor y motivo de mi vida. A mi gran amor de toda la vida, Katherine. A mi santa madrecita Teodomira, quien es la luz de mi camino. A mi padre Fernando, que desde el cielo me bendice. A mis hermanos, que siempre confiaron en mi esfuerzo.

ÍNDICE

ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo general.....	6
1.2.2. Objetivos específicos.....	6
1.3. Justificación.....	7
1.3.1. Justificación económica.....	7
1.3.2. Justificación social.....	7
1.3.3. Justificación ambiental.....	7
1.4. Hipótesis y variables.....	7
1.4.1. Hipótesis general.....	7
1.4.2. Hipótesis nula.....	8
1.4.3. Hipótesis específicas.....	8
1.4.4. Descripción de las variables.....	8
CAPÍTULO II.....	9

2.1.	Antecedentes de la investigación.....	9
2.1.1.	Antecedentes encontrados en artículos científicos	9
2.1.2.	Antecedentes encontrados en tesis	12
2.2.	Definición de términos	14
CAPÍTULO III.....		16
3.1.	Método, tipo y nivel de la investigación.....	16
3.1.1.	Método de la investigación	16
3.1.2.	Tipo de la investigación	16
3.1.3.	Nivel de la investigación	16
3.2.	Diseño de la investigación	17
3.3.	Población y muestra	17
3.3.1.	Población.....	17
3.3.2.	Muestra	17
3.4.	Técnica de recolección de datos.....	18
3.4.1.	Toma de muestras de emisión.....	18
3.5.	Proceso metodológico	18
3.5.1.	Desarrollo metodológico	18
CAPÍTULO IV		41
4.1.	Resultados de la investigación.....	41
4.1.1.	Resultados de la caracterización de PM 2.5	42
4.1.2.	Resultados de la caracterización de PM 10	44
4.1.3.	Resultados de la caracterización de plomo (Pb) particulado.....	46
4.2.	Prueba de hipótesis	48
4.2.1.	Prueba de hipótesis para la primera hipótesis específica (PM 2.5).....	48
4.2.2.	Prueba de hipótesis para la primera hipótesis específica (PM 10).....	53
4.2.3.	Prueba de hipótesis para la primera hipótesis específica (Pb particulado)..	58
4.3.	Discusión de resultados.....	63
CONCLUSIONES		64

RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Ubicación de la Unidad Minera Raura.....	2
Figura 02. Fibras de asbesto en el tejido pulmonar en un paciente con una forma de neumoconiosis.....	3
Figura 03. Factores aerodinámicos que influyen a la adsorción del material particulado en los pulmones.....	4
Figura 04. Ubicación de los puntos de muestreo en la Unidad Minera Raura.....	17
Figura 05. Evolución del ciclo Deming (PHVA).....	19
Figura 06. Mapa de procesos de la planta concentradora.....	23
Figura 07. Ubicación de las estaciones de muestro Unidad Minera Raura.....	25
Figura 08. Política de sostenibilidad.....	26
Figura 09. Organigrama de los responsables de la planta concentradora.....	27
Figura 10. Representación del encabezado de la matriz de identificación de requisitos legales.....	30
Figura 11. Evidencia del procedimiento de selección de personal.....	34
Figura 12. Representación del programa de formación.....	34
Figura 13. Evidencia del desarrollo de capacitaciones en temas ambientales.....	35
Figura 14. Evidencia del procedimiento de comunicación.....	35
Figura 15. Evidencia de la lista maestra de documentos.....	36
Figura 16. Evidencia del programa de simulacros.....	37
Figura 17. Representación del índice de Desempeño Ambiental (IDA) de la Unidad Minera Raura.....	38
Figura 18. Evidencia del plan de auditorías internas del Sistema de Gestión Ambiental de la Unidad Minera Raura.....	39
Figura 19. Evidencia de la revisión por la alta dirección.....	40
Figura 20. Cuadro de los Estándares de Calidad Ambiental para aire.....	41
Figura 21. Emisiones de PM 2.5 en el punto E04.....	42
Figura 22. Emisiones de PM 2.5 en el punto E05.....	43
Figura 23. Emisiones de PM 10 en el punto E04.....	44
Figura 24. Emisiones de PM 10 en el punto E05.....	45
Figura 25. Emisiones de plomo (Pb) particulado en el punto E04.....	46
Figura 26. Emisiones de plomo (Pb) particulado en el punto E05.....	47
Figura 27. Test de varianza.....	49
Figura 28. Test de medias.....	49

Figura 29. Gráfica de la prueba de medias.....	50
Figura 30. Test de varianza (2).....	52
Figura 31. Test de medias (2).....	52
Figura 32. Gráfica de la prueba de medias (2).....	52
Figura 33. Test de varianza (3).....	54
Figura 34. Test de medias (3).....	54
Figura 35. Gráfica de la prueba de medias (3).....	55
Figura 36. Test de varianza (4).....	57
Figura 37. Test de medias (4).....	57
Figura 38. Gráfica de la prueba de medias (4).....	57
Figura 39. Test de varianza (5).....	59
Figura 40. Test de medias (5).....	59
Figura 41. Gráfica de la prueba de medias (5).....	60
Figura 42. Test de varianza (6).....	61
Figura 43. Test de medias (6).....	62
Figura 44. Gráfica de la prueba de medias (6).....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Identificación del riesgo asociado al análisis de la matriz de riesgos ambientales.....	20
Tabla 02. Conocimiento de la parte interesada.....	21
Tabla 03. Estaciones de monitoreo de la Unidad Minera Raura.....	24
Tabla 04. Lista de aspectos ambientales de la Unidad Minera Raura.....	28
Tabla 05. Programa anual de monitoreo de calidad de aire de la Unidad Minera Raura.....	31
Tabla 06. Objetivos ambientales.....	32
Tabla 07. Emisiones de PM 2.5 en el punto E04.....	42
Tabla 08. Emisiones de PM 2.5 en el punto E05.....	43
Tabla 09. Emisiones de PM 10 en el punto E04.....	44
Tabla 10. Emisiones de PM 10 en el punto E05.....	45
Tabla 11. Emisiones de Pb particulado en el punto E04.....	46
Tabla 12. Emisiones de Pb particulado en el punto E05.....	47
Tabla 13. Datos de PM 2.5 para el punto E04 sin Sistema de Gestión Ambiental.....	48
Tabla 14. Datos de PM 2.5 para el punto E04 con Sistema de Gestión Ambiental.....	49
Tabla 15. Datos de PM 2.5 para el punto E05 sin Sistema de Gestión Ambiental.....	51
Tabla 16. Datos de PM 2.5 para el punto E05 con Sistema de Gestión Ambiental.....	51
Tabla 17. Datos de PM 10 para el punto E04 sin Sistema de Gestión Ambiental.....	53
Tabla 18. Datos de PM 10 para el punto E04 con Sistema de Gestión Ambiental.....	54
Tabla 19. Datos de PM 10 para el punto E05 sin Sistema de Gestión Ambiental.....	56
Tabla 20. Datos de PM 10 para el punto E05 con Sistema de Gestión Ambiental.....	56
Tabla 21. Datos plomo (Pb) particulado para el punto E04 sin Sistema de Gestión Ambiental.....	58
Tabla 22. Datos plomo (Pb) particulado para el punto E04 con Sistema de Gestión Ambiental.....	59
Tabla 23. Datos plomo (Pb) particulado para el punto E05 sin Sistema de Gestión Ambiental.....	61
Tabla 24. Datos plomo (Pb) particulado para el punto E05 con Sistema de Gestión Ambiental.....	61

RESUMEN

La investigación se desarrolló en la Unidad Minera Raura, en el área de la planta concentradora cuyo proceso productivo genera material particulado, específicamente en el chancado primario, secundario y terciario, debido a que es un proceso mecánico donde se trituran los bancos de roca proveniente de la explotación en el interior de la mina hasta llegar a un tamaño de dos pulgadas.

Objetivo: se determinaron los impactos de la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental en la planta concentradora de la Unidad Minera Raura, orientados en la mejora de la calidad del aire, asociada a la presencia del material particulado. **Métodos:** se utilizaron los datos de monitoreo de calidad del aire de material particulado 2.5, 10 y plomo (Pb), desde el año 2014 hasta el 2019, los cuales fueron realizados trimestralmente en dos estaciones de monitoreo cercanas a planta concentradora. Se tomó como punto de partida el período del año 2014 hasta el 2016 donde no se tenía implementado un Sistema de Gestión Ambiental, y a partir del año 2017 hasta el 2019 donde se implementó un Sistema de Gestión Ambiental basada en la norma internacional ISO 14001:2015. **Resultados:** se redujo en un 56.4 % la concentración de PM 2.5, en un 47.8 % el PM 10 y 34 % la concentración de plomo (Pb) particulado, tras la implementación del Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001:2015. **Conclusiones:** de acuerdo a la validación de las hipótesis, se alcanzó una reducción del material particulado de 2.5 micras (PM 2.5) en un 56.4 %, el de 10 (PM 10) en un 47.8 % y el plomo (Pb) particulado en un 34 %.

Palabras clave: Sistema de Gestión Ambiental, ISO 14001:2015, calidad de aire, material particulado.

ABSTRACT

The research was carried out at the Raura Mining Unit, in the area of the concentrator plant whose production process generates particulate material, specifically in primary, secondary and tertiary crushing, because it is a mechanical process where the rock banks are crushed from mining inside the mine to a size of two inches.

Objective: the impacts of the implementation of an Environmental Management System in the concentrator plant of the Raura Mining Unit were determined, aimed at improving air quality, associated with the presence of particulate material. **Methods:** air quality monitoring data of particulate matter 2.5, 10 and lead (Pb) were used, from 2014 to 2019, which were carried out quarterly in two monitoring stations near the concentrator plant. The starting point was the period from 2014 to 2016 where an Environmental Management System was not implemented, and from 2017 to 2019 where an Environmental Management System was implemented based on the international standard ISO 14001:2015. Results: PM 2.5 concentration was reduced by 56.4 %, PM 10 by 47.8 % and particulate lead (Pb) concentration 34 %, after the implementation of the Environmental Management System ISO 14001:2015. **Conclusions:** according to the validation of the hypotheses, a reduction of the particulate matter of 2.5 microns (PM 2.5) was achieved in 56.4 %, that of 10 (PM 10) in 47.8 % and the lead (Pb) particulate in a 34 %.

Keywords: Environmental Management System, ISO 14001:2015, air quality, particulate matter.

INTRODUCCIÓN

La Unidad Minera Raura, es una empresa de mediana minería polimetálica que pertenece al Grupo Breca. Desde el año 2012 se comenzó con un proceso de transformación en sus operaciones con una meta clara de innovación tecnológica y con la finalidad de tener más eficiencia en todos sus procesos productivos, teniendo como objetivo el de pertenecer a una minería de clase mundial.

En la mayoría de los procesos productivos de toda unidad minera, se generan escenarios de contaminación del aire, proveniente de las actividades de voladuras, transporte de personal, reducción física del tamaño del mineral, etc. Este problema genera un efecto negativo hacia la persona que labora dentro de la Unidad Minera y también a las comunidades campesina aledañas al centro minero, por ello se enfoca la presente investigación en estudiar los materiales particulados de 2.5 y 10 micras, además del plomo (Pb) particulado, los cuales se generan en planta concentradora, que de no tener un buen control generarían diversas alteraciones a la salud de los trabajadores y comuneros. Por esta razón, se han implementado, desde el 2016, colectores de polvo en el sector de chancado primario, secundario y terciario, con la única finalidad de reducir el material particulado emitido al ambiente.

La presente investigación está dividida en cuatro capítulos. En el Capítulo I se presenta detalladamente el planteamiento y formulación del problema, los objetivos, justificación económica, social y ambiental, hipótesis y descripción de variables. Uno de los grandes problemas ambientales es la contaminación del aire, demostrando así la importancia de su estudio en la unidad de producción (efecto del proceso).

El Capítulo II comprende el marco teórico y consta de los antecedentes del problema de investigación y la definición de términos básicos. El aporte teórico de la investigación se asocia con la necesidad de recurrir a un método de gestión ambiental representativo, de modo que se planteó desarrollar y mantener el Sistema de Gestión Ambiental basado en lo propuesto por la norma internacional ISO 14001:2015.

El Capítulo III se describe la metodología de la investigación, que comprende al alcance, tipo y diseño de investigación, además de la población y muestra, y las técnicas e instrumentos de recolección de datos. El método abarcó al empleo de un contexto hipotético - deductivo, de nivel explicativo, con un diseño de investigación experimental. Se tomaron datos de campo y fueron llevados al laboratorio para realizar la experimentación.

Se correlacionaron los datos del antes y después de la puesta en práctica del Sistema de Gestión Ambiental, de modo que el análisis de las características del material particulado de 2.5, 10 y plomo (Pb) particulado en su repercusión al ambiente derive a de la obtención de un aporte científico representativo.

En el Capítulo IV se exponen los resultados y discusión de éstos, lo cual trata sobre el tratamiento y análisis de la información, y su validación mediante una prueba de hipótesis. Se da a conocer la gran reducción del material particulado, propiamente en la planta concentradora, al haber implementado un Sistema de Gestión Ambiental que también evidencie escenarios de alcance la mejora continua, lo cual es reflejado al implementar y mantener un sistema de colectores de polvo en el área de chancado.

El autor.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

El problema de la contaminación del aire por gases y material particulado representa un alto riesgo para la salud humana. La Organización Mundial de la Salud informa que “la contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental y para la salud. Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire, los países pueden reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma” (1).

La sostenibilidad exige que las actividades antropogénicas deben ser controladas para tener el menos impacto posible en el medio ambiente. “El intenso e incesante tráfico, unido a fábricas que no controlan sus emisiones, convierte el aire de ciudades de todo el mundo en auténticas nubes de smog. Limitar el tráfico por la ciudad, ofrecer el transporte público mediante bicicletas de alquiler “gratuito”, y utilizar los vehículos de servicios municipales lo mínimo necesario, han conseguido que la capital de Francia reduzca esos niveles en tiempo récord. Además, el efecto de la contaminación atmosférica en las ciudades se extiende a través de los vientos a las comunidades adyacentes que también se ven afectadas, sin

ser directamente causantes de esa contaminación, por lo que estas también se ven gravemente perjudicadas”, describen Yanza y Viviana (2).

En tanto, la minería a cielo abierto genera mayores impactos al medio ambiente en comparación a la minería subterránea, causando el deterioro de la calidad de aire debido a la generación de material particulado y los contaminantes gaseosos emitidos a la atmósfera, éstas a la vez afectan las zonas externas y zonas aledañas. La minería a tajo abierto, genera gran cantidad de tierra estéril que fue removida para extraer los minerales; dichas actividades requieren de una serie de equipos como excavadoras, vehículos, cargadores, bandas transportadoras, etc., con los que se realizan diferentes trabajos como manejo de suelo, perforación y voladura de material estéril, carguío, transporte y descargue, y otras operaciones, siendo éstas las que generan una gran cantidad de material particulado, los cuales se presentan en diferentes magnitudes, tanto como sedimentales, inhalables, respirables y visibles (3).



Figura 01. Ubicación de la Unidad Minera Raura.

Fuente: Google, descarga libre.

Debido a las operaciones que se llevan a cabo en las mineras, se desarrollan una serie de enfermedades como la silicosis, la cual es la enfermedad pulmonar ocupacional más común en el mundo, más aún en países en desarrollo (4). Entre los años 1991 a 1995, China reportó más

de 24 000 muertes a causa de la silicosis cada año (5). En los Estados Unidos, se estima que más de dos millones de trabajadores están expuestos a polvo de sílice cristalino libre y 59 000 de estos trabajadores desarrollará la silicosis en algún momento durante el transcurso de su vida (6). La silicosis es una enfermedad muy frecuente en los trabajadores de las empresas mineras del Perú; ésta afecta directamente a los alveolos pulmonares reduciendo su capacidad de transferencia de oxígeno a la sangre. A continuación, se muestra una toma de la afectación en los pulmones (figura 02).

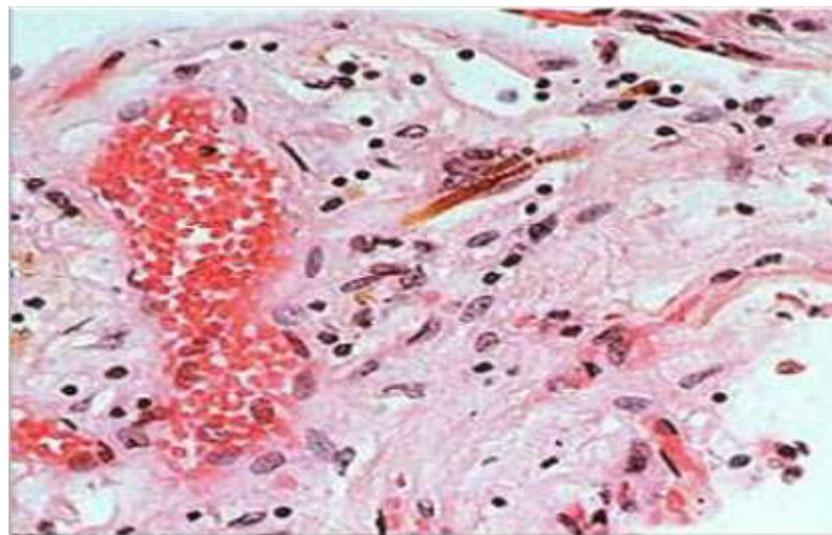


Figura 02. Fibras de asbesto en el tejido pulmonar en un paciente con una forma de neumoconiosis.

Fuente: Paniagua y Javier (7).

La silicosis es una enfermedad fibrótica del pulmón causada por inhalación de partículas de sílice, incapacitante, progresiva, carece de tratamiento y por tanto es potencialmente mortal. Aún es prevalente a pesar de que se conoce su causa: exposición a polvo que contiene sílice. La presencia de partículas de sílice en el ambiente de labor es variable; su tamaño va desde muy pequeñas, 1 a 3 μm , tamaño mediano de alrededor de 5 μm , hasta las de gran tamaño $\geq 10 \mu\text{m}$, todas ellas con propiedades aerodinámicas, concentración y densidad muy variables, características que condicionan su inhalación en mayor o menor cantidad y tiempo. De acuerdo a estos

factores, el sistema respiratorio las va controlando mecánicamente. Así, las de gran tamaño se quedan en ese filtro natural que son las vibrisas nasales o en cornetes y nasofaringe. Las medianas y pequeñas logran pasar y alcanzan el tracto respiratorio medio e inferior. Pero, las muy pequeñas, las más numerosas, llegan el tracto respiratorio inferior. Del balance entrada/salida de estas últimas depende el desarrollo de la silicosis (8).

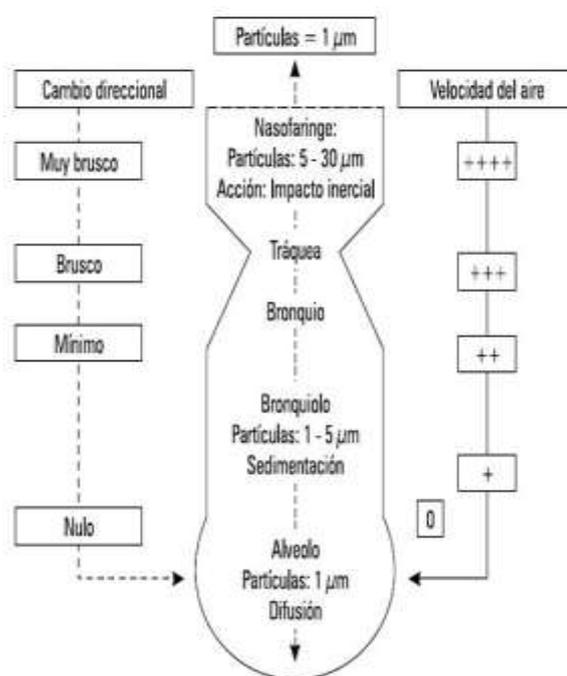


Figura 03. Factores aerodinámicos que influyen a la adsorción del material particulado en los pulmones.

Fuente: Ramírez (8).

Asimismo, las condiciones de trabajo en la minería son de riesgo para el trabajador por los accidentes laborales; se registraron 869 accidentes fatales en la minería peruana durante el período del 2012 al 2016 según el Ministerio de Energía y Minas (9). En tanto en el Perú hasta el mes de octubre del 2016 se registraron 196 de accidentes laborales y 3 649 enfermedades ocupacionales en el sector minería (9), siendo de mayor índice la minería a cielo abierto; cabe resaltar que es muy importante hacer mención de los accidentes y enfermedades profesionales y con ella se

pueden evitar, y si ocurriesen es importante tomar conciencia y aprender de ello para no contar nuevamente con los sucesos registrados, demostrando aprendizaje; del mismo modo, todo ello permitirá que los colaboradores y empleadores tomen medidas que prevengan y mejoren las condiciones de los ambientes laborales, en tanto también los trabajadores tendrán mayor conciencia de la exposición de los agentes ocupacionales a los que están expuesto y como consecuencia la utilización de los Equipos de Protección Personal (EPP) por los trabajadores dentro de las respectivas instalaciones de las empresas, y con ello la disminución de enfermedades e incidentes de trabajo.

La salud ocupacional es fundamental para las personas, ya que de este modo se pueden desarrollar plenamente y por ende mejorar su desempeño en diferentes aspectos de su vida cotidiana, tanto familiar, laboral y social. Cabe mencionar también que la sílice se ha convertido en un insumo muy importante en los últimos años debido a su gran utilización en diferentes sectores como industria, energía, construcción, etc., por lo tanto, los trabajadores se encuentran en expuestos directamente directo con este material, lo cual genera un riesgo a contraer enfermedades de vías respiratorias.

1.1.2. Formulación del problema

a) Problema general:

¿En qué proporción la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental en la planta concentradora de la Compañía Minera Raura S.A. mejora la calidad del aire referente al material particulado?

b) Problemas específicos:

- ¿Cómo impacta la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental en la planta concentradora de la Compañía Minera Raura S.A. en la mejora de la calidad del aire referente al material particulado de 2.5 micras (PM 2.5)?

- ¿Cómo impacta la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental en la planta concentradora de la Compañía Minera Raura S.A. en la mejora de la calidad del aire referente al material particulado de 10 micras (PM 10)?
- ¿Cómo impacta la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental en la planta concentradora de la Compañía Minera Raura S.A. en la mejora de la calidad del aire referente al plomo (Pb) particulado?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar los impactos de la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental en la planta concentradora de la Compañía Minera Raura S.A. derivados de la mejora de la calidad del aire referente al material particulado.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la mejora de la calidad del aire referente al material particulado de 2.5 micras (PM 2.5) mediante la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental en la planta concentradora de la Compañía Minera Raura S.A.
- Determinar la mejora de la calidad del aire referente al material particulado de 10 micras (PM 10) mediante la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental en la planta concentradora de la Compañía Minera Raura S.A.
- Determinar la mejora de la calidad del aire referente al plomo (Pb) particulado mediante la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental en la planta concentradora de la Compañía Minera Raura S.A.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación económica

La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental en la Unidad Minera Raura, permite incrementar la productividad de los trabajadores, debido a que disminuye la probabilidad de problemas respiratorios y de salud reportados antes de su implementación.

1.3.2. Justificación social

Uno de los factores que afecta la productividad de los trabajadores es la salud, en ocasiones determinado por la falta de control de contaminantes en el centro laboral. La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental permite asegurar mejores ambientes de salubridad y en consecuencia elevar la calidad de vida de los trabajadores de la Compañía Minera Raura S.A.

1.3.3. Justificación ambiental

El implementar un Sistema de Gestión Ambiental, permitirá disminuir el impacto al ecosistema tras la emisión de menores concentraciones de materiales particulados, además los trabajadores que viven en los campamentos mineros gozarán de un ambiente saludable.

1.4. Hipótesis y variables

1.4.1. Hipótesis general

H₁: La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental referente al material particulado permite mejorar la calidad del aire en la Compañía Minera Raura S.A.

1.4.2. Hipótesis nula

H₀: La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental referente al material particulado no permite mejorar la calidad del aire en la Compañía Minera Raura S.A.

1.4.3. Hipótesis específicas

- La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental permite reducir la concentración de material particulado de 2.5 micras (PM 2.5) en la Compañía Minera Raura S.A.
- La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental permite reducir la concentración de material particulado de 10 micras (PM 10) en la Compañía Minera Raura S.A.
- La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental permite reducir la concentración de plomo (Pb) particulado en la Compañía Minera Raura S.A.

1.4.4. Descripción de las variables

- a) Variable independiente: implementación del Sistema de Gestión Ambiental referente al material particulado.
- b) Variable dependiente:
 - i. Concentración de material particulado de 2.5 micras (PM 2.5).
 - ii. Concentración de material particulado de 10 micras (PM 10).
 - iii. Concentración de plomo (Pb) particulado.

La operacionalización de variables se muestra en el Anexo 01.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos

En el artículo científico titulado: “Caracterización de Partículas Suspendidas Totales (PST) y partículas respirables (PM10) producidas en áreas de explotación carboníferas a cielo abierto” se tuvo como objetivo el poner en conocimiento del grado de contaminación generado por la explotación de mineras carboníferas. El principal problema se asoció a la generación de material particulado debido a las actividades que involucran los procesos de explotación, por lo tanto, representan un efecto sobre la salud humana. El estudio se realizó en Colombia en siete mineras entre los años 2008 al 2010. Dichas mineras generan un material particulado de 10 micras en una cantidad de 0.726 kg de PAST y 0.180 kg por tonelada de carbón extraído; a la vez se observó que, en promedio para las empresas, la fuente de emisión del material particulado es 42 %, que corresponde al tajo para el caso del botadero, mientras que el 60 % es PM 10. A la vez se comprobó que en el transcurso del transporte del carguío se genera cerca al 80 % del total de material particulado emitido. Al realizar la actividad de cargue y descargue 25 %. Para el estudio, fue necesario la utilización de técnicas de análisis fractal para evaluar la contribución real de los contaminantes atmosféricos a la calidad del aire y los efectos que

se generaron por la emisión de los contaminantes atmosféricos después de la dispersión hacia los ambientes expuestos, los cuales generalmente son las zonas aledañas a las mineras (10).

En el artículo científico titulado: “Características de la Silicosis en las minas del Perú: Estudio epidemiológico preliminar”, se tuvo por objetivo el realizar un estudio con el Instituto de Salud Ocupacional mediante el método epidemiológico para poner en conocimiento las causas de las enfermedades ocupacionales y la evaluación de los efectos de los riesgos a los que están expuestos los trabajadores de las industrias mineras. De este modo se buscó dilucidar y localizar los ambientes de riesgo, a la vez realizar recomendaciones adecuadas para mantener una buena condición de salud. El estudio epidemiológico se realizó en 22 centros mineros los cuales se encuentran en el centro, norte y sur del Perú, durante 10 años. Se realizó un análisis de condiciones ambientales donde laboran los trabajadores, identificando los caracteres del agente causal, los cuales son: contenido de sílice libre del polvo ambiental, concentración de polvo, tamaño de partículas y características médicas de los trabajadores examinados, efectuados simultáneamente. Los resultados obtenidos fueron mediante exámenes clínicos de los trabajadores como radiografías pulmonares; del mismo modo, se emplearon datos de ingeniería, las que se obtuvieron muestreando sistemáticamente los ambientes de trabajo y laborales de la industria en número y lugares suficientes, para que de este modo se garantice la validez de los datos de la muestra. Las evaluaciones se realizaron en el centro de trabajo y en el laboratorio para después utilizar las estadísticas producto de la investigación para determinar la concentración del contenido de sílice libre del polvo ambiental; se emplearon muestras provenientes de las vetas, o provenientes de roca de caja. En el estudio se ha encontrado un total de 94 (1.3 %) enfermos con silicosis de un total de 7 306 examinados que estaban comprendidos en el grupo de trabajo de 0 - 4 años (11).

En el artículo científico titulado: “Enfermedades respiratorias en trabajadores expuestos al polvo laterítico”, se tuvo por objetivo determinar

la asociación entre la exposición prolongada al polvo de mineral laterítico y la ocurrencia de enfermedades respiratorias en los trabajadores expuestos. Estos estudios se realizaron en la industria minera cubana, en el municipio de Moa de la provincia de Holguín, entre los años 2003 al 2012. Se consideró un universo de 1 480 trabajadores con una experiencia laboral de cinco años. El método utilizado fue el observacional y analítico, de corte prospectivo. También se han considerado estudios como hemogramas, radiografías de tórax y pruebas funcionales respiratorias, de acuerdo con lo estipulado por la Organización Mundial de la Salud, también se ha considerado la historia clínica ocupacional. Estos análisis fueron considerados de acuerdo a los estándares recomendados por la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (12).

En el artículo científico titulado: “Relación de las Partículas Respirables (PM 10) y las Partículas Suspendidas Totales (PST) en Santa Marta (Colombia)”, se tuvo por objetivo determinar el nivel de concentración de las partículas respirables (PM 10) y Partículas Suspendidas Totales en diferentes estaciones en la localidad de Santa Marta y Ciénega. Dichos contaminantes son generados debido al auge del parque automotor y el manejo del carbón mineral, los cuales son exportados por esta zona. Los aerosoles generados por las brisas marinas y por el polvo suspendido son transportados por la velocidad del viento; éstos son generados debido a los cerros estériles que rodean las ciudades; cabe mencionar también la creciente actividad industrial y portuaria, las cuales son de gran interés y generan un gran impacto en el nivel de concentración de material particulado (PM 10), incrementando las tasas de mortalidad y morbilidad. A esto se suma la emisión de gases tóxicos como el dióxido de azufre (SO₂), debido a la combinación, se evidencia un riesgo para la salud. Para este estudio se ha tomado en consideración la velocidad del viento, temperatura ambiental y la estacionalidad de la zona; de la misma forma se consideró el método de estudio que considere una apropiada recolección de datos mediante el uso de muestreadores de alto volumen Hi-Vol S300 (Ecotec), de función programable para el control electrónico del flujo que permite el control volumétrico de la colección de la muestra con caudales en el rango 45 a 96 m³/h, de esta manera se pudo estimar la

concentración del contaminante. Las especificaciones de estos equipos engloban a los protocolos y normas de monitoreo para PST y PM 10 del estándar australiano y cuentan con aprobación de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) para la determinación de partículas (RFPS-0706-162), en correspondiente al estándar EPA 40 CFR Pt. 50 App. B y J; para el análisis se puso en marcha un muestreo de 24 horas cada tres días empleando filtros de fibra de cuarzo y de vidrio para PM10 y PST respectivamente; estos estudios fueron realizados por un periodo de un año en diferentes estaciones del año (13).

2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis

En la tesis titulada: "Relación de exposición a polvos de carbón, sílice cristalina y neumoconiosis, en trabajadores de minas de socavón, Cundimarca, 2014", se tuvo por objetivo determinar el nivel de riesgo de la exposición por fracción respirable a polvo de carbón y sílice cristalina, y la prevalencia de neumoconiosis en trabajadores, utilizando el método de corte transversal, en grupos de exposición similar (GES) y cuenta con una población de 11 empresas y 215 trabajadores, en donde se realizó el muestreo ambiental para medir los niveles de los polvos mencionados, obteniendo los resultados: la edad promedio del grupo fue de 46 ± 9.5 años y 97.2 % de género masculino, encontrándose una asociación significativa entre el polvo y neumoconiosis ($p = 0.050$) y no fue significativa con exposición a sílice cristalina ($p = 0.0537$), llegando a la conclusión: los niveles de carbón están relacionados con la prevalencia de neumoconiosis y otros factores adicionales, asimismo, también dependerá del tamaño de las empresas en Cundimarca, mientras que en los niveles de sílice cristalina no se encontró asociación significativa (14).

En la tesis titulada: "Material Particulado y su Incidencia en la salud de los trabajadores en la empresa de calzado CM Original", realizada para la obtención de maestro en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental, en la Universidad Técnica de Ambato - Ecuador, se asociaron las actividades de fabricación de zapatos con la generación de material particulado, los

cuales generan enfermedades como bisinosis. El estudio tiene como objetivo identificar el nivel del material particulado y la incidencia en la salud de los trabajadores. El método usado para este estudio se basa en la norma ISO 171330, asimismo también para validó el cuestionario ATS-78 de la Sociedad Americana de Tórax; mediante dicho instrumento se miden los síntomas respiratorios considerando antecedentes médico - familiares, y la exposición ocupacional a sustancias que causan problemas a las vías respiratorias. El estudio presenta como resultado que en las actividades de troquelado y aparado, el nivel de concentración está por encima de los límites permisibles, considerando que es muy alto. También, se exponen resultados (con un nivel de confianza al 95 %) que sobreestiman las variaciones correspondientes al material particulado. Se concluye que si hay incidencia dentro de los procesos en la determinada empresa (15).

En la tesis titulada: “Material Particulado y su Incidencia en Alteraciones Respiratorias en los Trabajadores de la Construcción en Viviendas Rurales Tipo MIDUVI”, orientada en la obtención del grado de maestro en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental, de la Universidad Técnica de Ambato - Ecuador, se evaluaron las actividades que se realizan en el sector construcción y en los diferentes procesos se generan una gran cantidad material particulado los cuales generan enfermedades como silicosis. El estudio tuvo por objetivo identificar el nivel de material particulado y la incidencia en las alteraciones respiratorias. El método usado para este estudio se basa en la norma UNE - EN 689 Atmósfera, en el lugar de trabajo, asimismo también se validó el cuestionario que considera al método ATS - 78 de la Sociedad Americana de Tórax. Mediante el instrumento se midieron los síntomas respiratorios considerando los antecedentes médico - familiares y la exposición ocupacional a sustancias que causan problemas a las vías respiratorias. La tesis ofrece unos resultados con un nivel de confianza al 95 % y sobreestima las variaciones correspondientes al material particulado, concluyendo que en los procesos se generan afecciones respiratorias a los trabajadores (16).

En la tesis titulada: “Evaluación de riesgos por ruido, iluminación y material particulado en la fábrica de carrocería Master Metal”, de la Escuela Académica de Ingeniería Industrial en procesos de Automatización de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato - Ecuador, se estudiaron las operaciones en las empresas donde se realizan actividades de manufacturación en determinados rubros, en los cuales no exista documentación que registre el nivel de agentes químicos y físicos que determinan si se encuentran dentro del límite permisible, perjudicando a los trabajadores como a los dueños de la empresa. El estudio tuvo por objetivo evaluar riesgos asociados al ruido, iluminación y material particulado a partir de la identificación de fuentes, medición de niveles y proposición de medidas de control y protección de los trabajadores de la fábrica. La evaluación se realizó mediante una metodología sistemática, partiendo de la observación directa y lo que proponen normas nacionales e internacionales; del mismo modo se empleó equipos de monitoreo como luxómetro, sonómetro, monitor de polvo, además empleando el cuestionario de preguntas. Muestra resultados de sobreexposición al ruido, los cuales sobrepasan el máximo permisible que los 85 dB(A) establecidos según el Decreto 2398 de la norma ecuatoriana; asimismo, reportan que se observó en el monitoreo de iluminación que las áreas, tanto operativas y administrativas, presentan una iluminación deficiente por debajo de lo establecido por el Decreto 239 de la norma ecuatoriana, concluyendo que los valores de 24.34 lux, 44.5 lux y 62.06 lux son perjudiciales para los trabajadores que presentan deslumbramientos y por ende un confort lumínico. Finalmente, tras el monitoreo de material particulado se determinó una sobreexposición a la pintura en aerosol, el cual es utilizado en el proceso de pintado de carrocerías, encontrándose los valores medidas fuera del límite permisible (17).

2.2. Definición de términos

- Atmósfera: “es la capa de distinta composición de gases que envuelve a toda la Tierra, dicha capa permanece en la Tierra gracias a la gravedad” (18).

- Contaminación del aire interior: “es la contaminación del aire (tanto interior como exterior) que es un importante problema de salud, ya que puede desencadenar graves consecuencias como enfermedades respiratorias, por ejemplo, asma o cáncer de pulmón” (19).
- Contaminantes ambientales del aire: “es la mezcla de partículas sólidas y gases en el aire. Constituye a las emisiones de los automóviles, los compuestos químicos de las fábricas, el polvo, el polen y las esporas de moho pueden estar suspendidas como partícula” (20).
- Estándar de Calidad Ambiental: “denominado como ECA; es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos” (21).
- Límites Máximos Permisibles: “denominado como LMP; es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos” (21).
- Material particulado: “es el término para una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire. Algunas partículas, como el polvo, la suciedad, el hollín, o el humo, son lo suficientemente grandes y oscuras como para verlas a simple vista. Otras son tan pequeñas que solo pueden detectarse mediante el uso de un microscopio electrónico” (19).
- Riesgos ambientales: “es la posibilidad de que por forma natural o por acción humana se produzca daño en el medio ambiente. Sin embargo, desde la perspectiva de la ISO 14001:2015, el riesgo se define como un efecto de incertidumbre, por lo que implica tantos efectos potenciales negativos como positivos, es decir amenazas y oportunidades” (20).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo y nivel de la investigación

3.1.1. Método de la investigación

El método general de la investigación fue el hipotético - deductivo porque se observó el fenómeno a estudiar y a partir de ello se formularon hipótesis asociadas a la explicación de dicho fenómeno, de modo que se alcance deducir preposiciones elementales y se compruebe la veracidad de los enunciados (22).

3.1.2. Tipo de la investigación

En el presente trabajo abarcó al entorno de investigación de tipo aplicado, ya que se buscó convertir el conocimiento teórico en conocimiento práctico, para el caso se buscó la incorporación de conocimientos con la aplicación directa de una alternativa de solución (Sistema de Gestión Ambiental) de la contaminación generada por el material particulado (22).

3.1.3. Nivel de la investigación

Se realizó una investigación correlacional, ya que se buscó especificar las características del material particulado de 2.5 y 10 micras y de plomo (Pb) particulado, vinculadas a la aplicación del Sistema de Gestión Ambiental (22).

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue el cuasi experimental, porque se manipuló la variable de aplicación de Sistemas de Gestión Ambiental intencionalmente.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población de la investigación estuvo compuesta por el volumen de aire producido en el período del año 2014 al 2019.

3.3.2. Muestra

Los puntos de muestreo se indican en el mapa siguiente (figura 04).



Figura 04. Ubicación de los puntos de muestreo en la Unidad Minera Raura.

Fuente: elaboración propia, Google (imagen libre).

3.4. Técnica de recolección de datos

3.4.1. Toma de muestras de emisión

El muestreo fue aleatorio simple, en diversas temporadas, de acuerdo con los puntos de muestreo ubicados en la zona de mayor impacto, en el periodo de evaluación del año 2014 hasta el 2019.

3.5. Proceso metodológico

3.5.1. Desarrollo metodológico

A. Objetivos y campo de aplicación:

La Unidad Minera Raura implementó a todo nivel el Sistema de Gestión Ambiental (SGA), basado a los requisitos exigidos por la norma internacional ISO 14001:2015, la cual determinó como cumplir los requisitos de cumplimiento, los cuales se determinaron mediante la revisión y evaluación periódica del sistema a fin de identificar las oportunidades de mejora y su respectiva implementación.

Es un hecho que la norma ISO 14001:2015 busca satisfacer los pilares de desarrollo sostenible mediante un marco normativo referente al cuidado del ambiente, sin descuidar el aspecto socioeconómico, además de contemplar alternativas de mitigación de efectos adversos. La norma tiene una influencia de toda la organización respecto de sus procesos productivos, siendo complementada por la comunicación en modo de información a las partes interesadas.

La base para la dirección del Sistema de Gestión Ambiental se enfoca en el ciclo de Deming, cuya finalidad es lograr la mejora continua mediante la revisión, auditoría, etc., este ciclo de Deming (PHVA) se divide en 4 grupos: Planificar, Hacer; Verificar y Actuar, cuyos

requisitos de la norma se subdivide en cada uno de los grupos como se muestra en la figura siguiente.

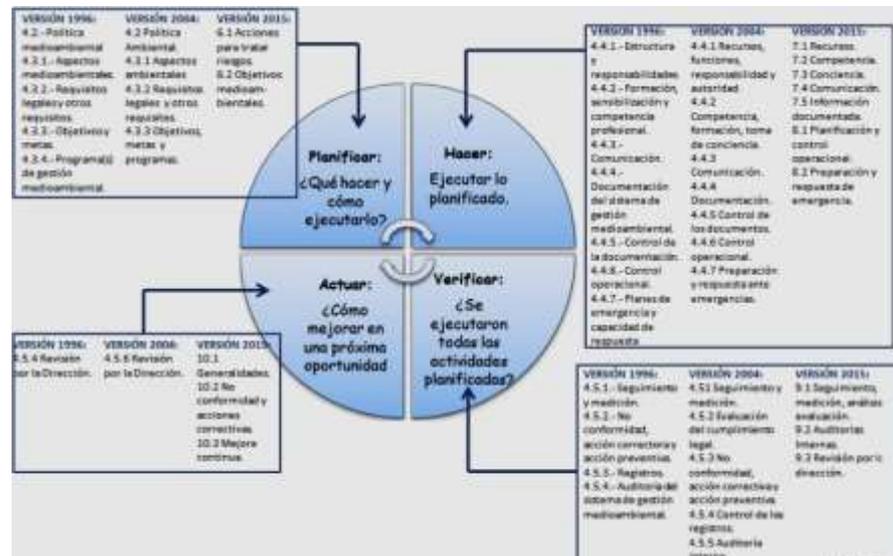


Figura 05. Evolución del ciclo Deming (PHVA).

Fuente: cotejo propio de la organización.

B. Referencia normativa aplicada a la organización:

La Unidad Minera Raura tiene una base de datos con respecto a las normativas legales aplicables en materia de gestión ambiental. Para los fines de la investigación se tomaron las de mayor relación:

- Decreto Supremo 003-2017-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire.
- Resolución Ministerial 315-96-EM/VMM, Límites Máximos Permisibles (LMP) de elementos y compuestos presentes en emisiones gaseosas provenientes de las actividades minero - metalúrgicas.
- Decreto Supremo 010-2019-MINAM, que aprueba el Protocolo Nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire (23).

C. Términos y definiciones:

Este apartado se encuentra estipulado dentro del Sistema de Gestión Ambiental en todas sus áreas operativas.

D. Contexto de la organización:

- Conocimiento de la organización y de su contexto:

La Unidad Minera Raura determinó las cuestiones externas e internas en su proceso de certificación de la norma internacional ISO 14001:2015, dando cumplimiento a los requisitos de la siguiente manera: todas las áreas de la Unidad Minera realizaron un análisis de la matriz de riesgo ambientales, dando mayor énfasis al objeto de estudio de la presente investigación, de modo que se viabilice la recopilación de los datos del área de planta concentradora (sector identificado) en la cual se identificó el riesgo presentado en la siguiente tabla.

Tabla 01. *Identificación del riesgo asociado al análisis de la matriz de riesgos ambientales.*

Riesgo	Externo/Interno	Responsable	Impacto	Controles
Neumoconiosis	Interno	Planta concentradora	Daños a la salud. Exposición al ambiente.	*Se implementaron 15 puntos de colección de polvo en el área de chancado. *Despistaje de plomo (Pb) en la sangre. *Mantenimiento preventivo de equipos. *Plan de monitoreo de la calidad del aire en la planta concentradora.

Fuente: elaboración propia.

Para tener un conocimiento sobre el material particulado que se genera en la Unidad Minera Raura, propiamente en el área de planta concentradora en el 2016, se instalaron en el área de chancado secundario y terciario un total de 15 puntos de colección de polvo. Mediante ello se alcanzó una cobertura del 80 % de colección del polvo generado. Para el 2018, se alcanzó el 100 % de cobertura respecto a los puntos de colección de polvo.

- Conocimiento de las necesidades y expectativas de las partes interesadas:

La Unidad Minera Raura se enfoca en contribuir con las necesidades de los grupos de interés, ante ello presenta la necesidades y expectativas correspondientes a la planta concentradora.

Tabla 02. *Conocimiento de la parte interesada.*

Partes interesadas	Internas o Externas	Proceso	Necesidades	Expectativas
Estado (OEFA)	Externo		Evidencia de los cumplimientos de los Instrumentos de Gestión Ambiental y autorizaciones.	Gestión Ambiental Responsable durante todo el proceso operativo manejando siempre los controles que se requieran para evitar impactos negativos.
Comunidades campesinas	Internas	Planta concentradora	Recibir las capacitaciones que permita cumplir con los objetivos ambientales.	*Personal preparado en temas ambientales que favorezcan al cumplimiento de los lineamientos del SGA. *Ser una de las áreas que supere el objetivo de los indicadores de desempeño ambiental (IDA-90 %).

Contratistas (servicio)	Internas	Apoyo y soporte para el cumplimiento del sistema de gestión Ambiental.	Ser una de la áreas que supera los objetivos de los indicadores de desempeño ambiental (IDA-90 %).
Cientes y accionistas	Internos	Cumplir con la producción programada sin generar y/o reduciendo los Impactos ambientales.	Ser una empresa de clase mundial.

Fuente: Compañía Minera Raura S.A.

- Determinación del alcance del Sistema de Gestión Ambiental:

El alcance en el Sistema de Gestión Ambiental de la Unidad Minera Raura, aplica a todo nivel que abarca las siguientes áreas:

- Gerencia.
- Geología.
- Planeamiento.
- Mina.
- **Planta concentradora.**
- Mantenimiento.
- Logística.
- Proyectos.
- Recursos Humanos.
- Seguridad y Salud Ocupacional.
- Medio Ambiente.
- MINLAB (laboratorio metalúrgico).
- Costos y finanzas.
- Comercialización.
- Gestión social (partes interesadas).

Como parte de la investigación, se tomaron los datos monitoreados en el perímetro del área de la planta concentradora.

- Sistema de Gestión Ambiental:

Para cumplir este requisito, la Unidad Minera Raura cumple con solicitar a las áreas de la unidad sus procesos. Para los fines de la investigación, se presenta el mapa de proceso de planta concentradora.

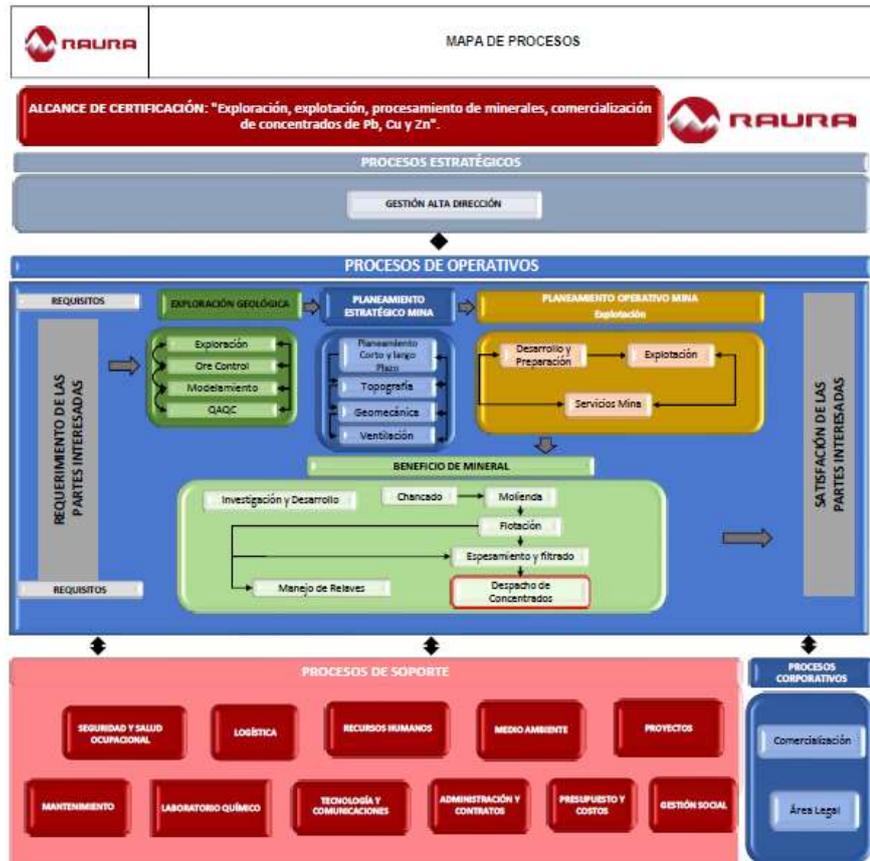


Figura 06. Mapa de procesos de la planta concentradora.

Fuente: Compañía Minera Raura S.A.

La Unidad Minera Raura tiene una capacidad de producción de 2 880 toneladas secas por día; para alcanzar esta producción, se requieren equipos para lograr el beneficio del mineral. Estos equipos están distribuidos en todas las secciones de la planta como en el área de chancado, molienda, flotación, espesadores, cochas finales y finalmente relavera.

Para fines de la investigación, se presentan los puntos de estaciones de muestreo de la Unidad Minera Raura dando énfasis a los puntos E-04 y E-05 que son las estaciones escogidas para su análisis en la investigación.

Tabla 03. *Estaciones de monitoreo de la Unidad Minera Raura.*

Estación de muestreo	Descripción de estación	Coordenadas UTM WGS 84, zona 18 sur.	
		Este (X)	Norte (Y)
E-02	Gerencia: punto de control, ubicado aproximadamente a unos 30 metros del camino donde transitan los vehículos, con dirección sureste.	308 040	8 844 639
E-03A	Hospital Santa Ana: punto de control, ubicado a 10 metros de la puerta de ingreso al Hospital Santa Ana (Campamento Raura) y del estacionamiento del hospital.	308 145	8 843 784
E-03	Ex Delegación de la PNP: punto de control, ubicado al costado de la delegación PNP de RAURA.	308 041	8 843 739
E-04	Campamento Hidro Sur: ubicado a 5 metros con dirección noreste cercano a camino de vehículos.	309 156	8 843 651
E-ADM	Almacenamiento de Mineral: a 40 metros de la balanza de camiones con dirección oeste-suroeste, cercano a la zona de almacenamiento abierto de mineral.	309 152	8 844 742
E-05	Casa Fuerza: punto de control, adyacente a la salida del túnel férreo del sector.	308 700	8 844 319
E-03B	Colegio Raurapata: patio de colegio Raurapata, vía de circulación vehicular más cercana, distante a 80 metros de la estación.	309 164	8 843 238
E-08	Tajo Primavera: punto de control ubicado a 10 metros aprox. con dirección Noroeste a la carretera.	308 137	8 843 495

Fuente: Compañía Minera Raura S.A.



Figura 07. Ubicación de las estaciones de muestro Unidad Minera Raura.

Fuente: elaboración propia.

E. Liderazgo:

- Liderazgo y compromiso:

La Unidad Minera Raura está comprometida en cumplir los más altos estándares de Gestión Ambiental, es ese motivo se ha propuesto tomar conciencia sobre la protección del medio ambiente en las actividades mineras, es por ello que la alta gerencia encabeza el liderazgo de la gestión ambiental a todo nivel.

- Política Ambiental:

La política ambiental es integrada; contempla la parte de Seguridad; Medio Ambiente y Relaciones comunitarias.



Figura 08. Política de sostenibilidad.

Fuente: Compañía Minera Raura S.A.

- Roles, responsabilidades y autoridades en la organización:

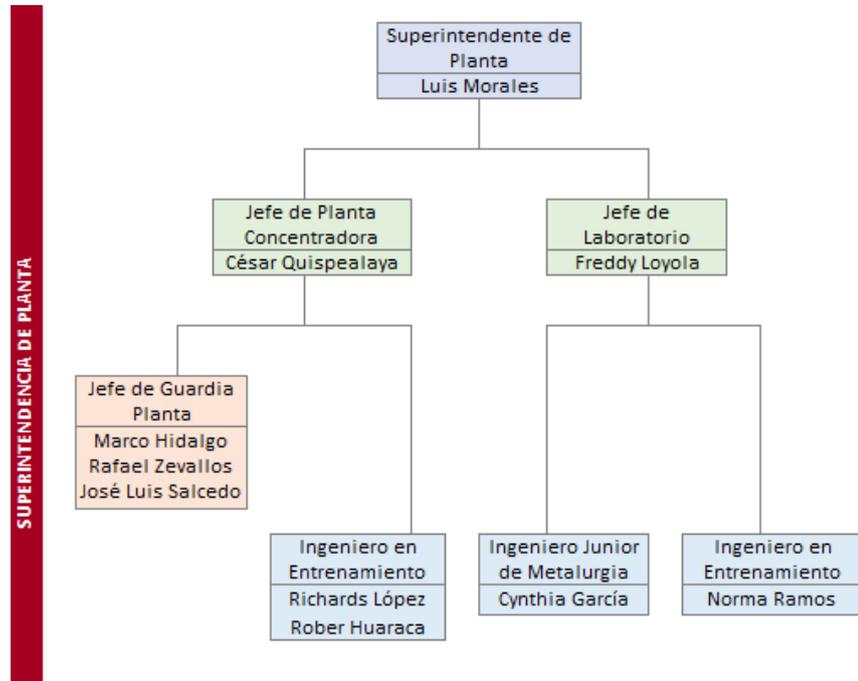


Figura 09. Organigrama de los responsables de la planta concentradora.

Fuente: Compañía Minera Raura S.A.

Para cumplir con el Sistema de Gestión Ambiental, ésta es liderada por el superintendente de la planta concentradora, cuyo resultado se encuentra arraigado en los procesos operativos, que recaen su responsabilidad en los jefes de guardia; estos actores desempeñan el papel de velar por el cumplimiento en campo de las estrategias ambientales que compete al área de planta concentradora.

F. Planificación:

- Acciones de abordaje de riesgos y oportunidades:
 - Generalidades: la Unidad Minera Raura, en aras de llegar al grupo selecto de mineras de clase mundial, pone a disposición a todas las gerencias de la unidad los requisitos legales ambientales aplicables a su área de producción.

- Aspectos ambientales: para lograr la certificación de la norma internacional ISO 14001:2015, la Unidad Minera Raura ha identificado todos los aspectos ambientales dentro de sus operaciones, los cuales son abordados a continuación.

Tabla 04. *Lista de aspectos ambientales de la Unidad Minera Raura.*

		Resumen de aspectos ambientales significativos U.M. Raura	Código: RA-RAU-MAP-RAS-FOR-024 Versión: 002. Páginas: 1 de 1
Nº	Aspecto ambiental significativo	Impacto ambiental significativo	Área / Proceso
1	Consumo de agua.	Disminución de la disponibilidad del agua	MINA PLANTA CONCENTRADORA RRHH MEDIO AMBIENTE PROYECTOS PLANEAMIENTO
2	Consumo de energía eléctrica.	Disminución de la energía disponible para otros usos	RRHH MINA PLANTA CONCENTRADORA PLANEAMIENTO
3	Generación de residuos peligrosos.	Alteración de la calidad agua, suelo y aire	CLINICA LABORATORIO QUÍMICO MANTENIMIENTO MINA PLANTA CONCENTRADORA MEDIO AMBIENTE
4	Generación de residuos no peligrosos.	Alteración de la calidad agua, suelo y aire	LOGÍSTICA RRHH PLANTA CONCENTRADORA MEDIO AMBIENTE PROYECTOS

5	Generación de aguas residuales.	Alteración de la calidad suelo y agua. Alteración de la fauna y flora.	MINA RRHH
6	Generación de desmonte y/o escombros.	Alteración de la calidad del suelo y agua.	MINA PROYECTOS
7	Potencial derrame de hidrocarburos y derivados.	Alteración de la calidad del suelo y agua. Alteración de la fauna y flora.	LOGÍSTICA MANTENIMIENTO PROYECTOS MINA
8	Potencial derrame de sustancias químicas.	Alteración de la calidad del suelo, agua y aire Alteración de flora y fauna.	LABORATORIO LOGÍSTICA RRHH PLANTA CONCENTRADORA MEDIO AMBIENTE PROYECTOS
9	Potencial derrame de concentrado.	Alteración de la calidad del suelo y agua. Alteración de la fauna y flora.	LOGÍSTICA PLANTA CONCENTRADORA
10	Potencial derrame de relave.	Alteración de la calidad del suelo y agua. Alteración de la fauna y flora.	MINA PLANTA CONCENTRADORA

Fuente: Compañía Minera Raura S.A.

La lista de aspectos ambientales de la Unidad Minera Raura son el resultado de la matriz de riesgos ambientales, los cuales tienen un impacto en el ambiente. Se muestra la tabla con el fin de identificar 8 aspectos ambientales que se pueden producir en el área de planta concentradora. Debido a ello se debe la importancia de controlar los riesgos para cumplir con la política de sostenibilidad.

- Requisitos legales y otros requisitos:

La Unidad Minera Raura ha implementado una matriz de requisitos legales aplicables a la actividad que se genera dentro de sus operaciones, para ello ha dispuesto al alcance de todas las gerencias esta matriz, cabe resaltar que dentro del mapa de procesos se considera al área legal como un agente de gran importancia.

	IDENTIFICACIÓN DE REQUISITOS LEGALES APLICABLES Y OTROS REQUISITOS					Código: RA-RAU-SIG-RLQ-FOR-007 Versión: 02 Páginas: 1 de 45
	FECHA DE ACTUALIZACIÓN: 1/10/2019					
FECHA DE EMISSION	REQUISITOS LEGALES Y OTROS REQUISITOS	MODIFICACIÓN	OBSERVACIÓN	SST, MEDIO AMBIENTE Y ORO	REGISTROS DE CONTROL	FECHA DE CUMPLIMIENTO
NORMAS GENERALES						

Figura 10. Representación del encabezado de la matriz de identificación de requisitos legales.

Fuente: Compañía Minera Raura S.A.

- Planificación de acciones:

Para cumplir este requisito, la Unidad Minera Raura ha implementado una serie de acciones y planes que se desarrollaron entre los años de estudio más recientes, es así que se presenta el programa anual de monitoreo de la calidad del aire.

En la tabla siguiente se especifican las estaciones de monitoreo en toda la unidad, para fines de la investigación solo se tomarán los resultados de las estaciones de muestreo E-04, correspondiente al Campamento Hidro Sur y E-05, denominado como Casa Fuerza, que son las estaciones que quedan cerca de la planta concentradora, a fin de establecer si los datos cumplen con los estándares permitidos.

Tabla 05. Programa anual de monitoreo de calidad de aire de la Unidad Minera Raura.

ESTACIÓN DE MUESTREO		WGS84		FEB	MAY	SEP	NOV	PARÁMETROS GENERALES PARA INFORME INTERNO	PARÁMETROS PARA INFORME REPORTE MEM	NORMATIVA A COMPARAR	OBSERVACIONES
		Este	Norte								
E-02	Gerencia: punto de control, ubicado aproximadamente a unos 30 metros del camino donde transitan los vehículos, con dirección Sureste.	308 040	8 844 639	X	X	X	X	Parámetros Meteorológicos, VOC's, HCT, O ₃ , NO ₂ , H ₂ S, CO, SO ₂ , PM 2.5, PM 10, Pb, As. EN EL INFORME FINAL SE DEBE CONSIDERAR TAMBIÉN EL MONITOREO RUIDO DE LA MISMA CADENA.	Parámetros Meteorológicos, SO ₂ , PM 10, Pb, As.	R.M. N°315-96-EM	Para esta estación se requieren 20 metros de cable.
E-03A	Hospital Santa Ana: punto de control, ubicado a 10 metros de la puerta de ingreso al Hospital Santa Ana (Campamento Raura) y del estacionamiento del hospital.	308 145	8 843 784	X	X	X	X				Para esta estación se requieren 50 metros de cable.
E-03	Ex Delegación de la PNP: punto de control, ubicado al costado de la delegación PNP de Raura.	308 041	8 843 739	X	X	X	X				Para esta estación se requieren 50 metros de cable.
E-04	Campamento Hidro Sur: ubicado a 5 metros con dirección Noreste cercano a camino de vehículos.	309 156	8 843 651	X	X	X	X				Para esta estación se requieren 100 metros de cable.
E-ADM	Almacenamiento de Mineral: a 40 metros de la balanza de camiones con dirección Oeste-Suroeste, cercano a la zona de almacenamiento abierto de mineral.	309 152	8 844 742	X	X	X	X				Para esta estación se requieren 30 metros de cable.
E-05	Casa Fuerza: punto de control, adyacente a la salida del túnel férreo del sector.	308 700	8 844 319	X	X	X	X				Para esta estación se requieren 100 metros de cable.
E-03B	Colegio Raurapata: patio de colegio Raurapata, vía de circulación vehicular más cercana, distante a 80 metros de la estación.	309 164	8 843 238	X	X	X	X				Para esta estación se requieren 80 metros de cable.
E-08	Tajo Primavera: punto de control ubicado a 10 metros aprox. con dirección Noroeste a la carretera.	308 137	8 843 495	X	X	X	X				Estación requiere GE.

Fuente: Compañía Minera Raura S.A.

- Objetivos ambientales y planificación:

- Objetivos ambientales:

Para este ítem, el tema de estudio abarca el cotejo de los datos de la planta concentradora, para ello se realiza un plan de acción donde involucra el tema de objetivos y planificación durante el año 2019.

Tabla 06. *Objetivos ambientales.*

 Programa de Gestión Ambiental			Código: RA- RAU-MAP- PGA-FOR- 019
Aspecto ambiental	Objetivo estratégico	Objetivo específico	Cumplimiento
Consumo de agua.	Reducir el consumo de agua en planta concentradora.	Reducir el consumo de agua, gestionando adecuadamente el agua recirculada.	100 %
Consumo de energía.	Reducir el consumo de energía eléctrica.	Optimizar el consumo de energía eléctrica en la producción.	100 %
Generación de residuos peligrosos.	Reducir y mejorar la gestión integral de los residuos (peligrosos) en la Unidad.	Reducir la generación y gestionar adecuadamente los residuos peligrosos generados en las operaciones	100 %
Generación de residuos no peligrosos.	Reducir y mejorar la gestión integral de los residuos (no peligrosos) en la Unidad.	Reducir la generación y gestionar adecuadamente los residuos no peligrosos generados en las operaciones.	100 %

Potencial derrame de sustancias químicas.	Prevenir derrames de sustancias químicas en el transporte y manipulación.	Mejorar los controles en el transporte, almacenamiento y manipulación de sustancias químicas para prevenir derrames.	100 %
Potencial derrame de concentrado.	Prevenir derrames de concentrado en la manipulación y transporte.	Mejorar los controles en la manipulación, almacenamiento y despacho de concentrado para prevenir derrames.	100 %
Potencial derrame de relave.	Prevenir derrames de relave en el proceso operativo de Mina y Planta.	Planta: Mejorar los controles operacionales desde la generación hasta la disposición final de relave para prevenir derrames.	100 %
Potencial derrame de aguas residuales.	Prevenir derrames de aguas residuales en la Unidad.	Mejorar los controles operacionales para prevenir derrames de aguas residuales industriales.	100 %

Fuente: Compañía Minera Raura S.A.

G. Soporte:

- Recursos:

Los recursos necesarios para mantener el Sistema de Gestión Ambiental en la Unidad Minera de Raura, es responsabilidad de cada área para poder lograr el objetivo de la certificación.

- Competencias:

Para cumplir este ítem se realizó una selección del personal idóneo para cubrir este puesto, para ello se implementó los PETS (Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro), en los cuales se

detallan el perfil del personal, así como también los requerimientos. Como parte de la gestión ambiental, está dirigida por profesionales de diversas áreas, éstos deben de tener aptitudes capaces de resolver problemas en el ámbito laboral, por ello se tienen procedimientos de selección de personal.

COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.		
	ATRACCIÓN Y SELECCIÓN DE PERSONAL	Código: RA-RAU-REC-CCI- PRO-003 Versión: 02 Página: 2 de 3

El Superintendente o Jefe del área cliente justificará y validará la necesidad de personal con Gerencia de Operaciones y/o Gerencia de Unidad a través del formato de requerimiento de personal y lo presentará en el área de Desarrollo Humano para validación de la Superintendencia de Recursos Humanos. El área de Desarrollo Humano gestiona la aprobación de Dirección de Operaciones en caso el requerimiento sea por reemplazo o vacante presupuestada. En caso de vacantes no presupuestadas, el Superintendente o Jefe del área cliente, en coordinación con Gerencia de Unidad, sustentarán la necesidad ante Dirección de Operaciones y gestionaran aprobación de Directorio.

Figura 11. Evidencia del procedimiento de selección de personal.

Fuente: Compañía Minera Raura S.A.

Como parte de la formación se tiene que rendir diversas evaluaciones de conocimientos, en las cuales se demuestra a flote las aptitudes del personal que labora dentro de la unidad, por ello se mantiene el procedimiento complementario de formación, en el cual se detallan los pasos de la formación del personal.

COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.		
	ADMINISTRACIÓN DE PROGRAMAS DE FORMACIÓN Y APRENDIZAJE	Código: RA-RAU-REC-CCI- PRO-001 Versión: 02 Página: 1 de 4

1. OBJETIVO

Administrar adecuadamente las actividades de Formación y Aprendizaje de la U.M. Raura, a fin de que favorezcan al desarrollo profesional de nuestros colaboradores, alcanzando su máximo potencial y desempeño esperado durante el desarrollo de las funciones asociadas a sus cargos.

2. ALCANCE

El procedimiento es aplicable para todas las actividades formativas que se desarrollen para colaboradores de la Unidad Minera Raura.

3. REFERENCIAS LEGALES Y OTRAS NORMAS

- Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, D.S. 024-2018-EM.
- Modificatoria del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, D.S. 023-2017-EM.

Figura 12. Representación del programa de formación.

Fuente: Compañía Minera Raura S.A.

- Toma de conciencia:

Dentro de las operaciones de la Unidad Minera Raura, se brinda una capacitación mensual a todos los trabajadores, para ello se dispone el medio adecuado en la plataforma de capacitaciones en temas ambientales, cumpliendo de esta manera con sensibilizar a los trabajadores y así lograr un mejor desempeño ambiental.

RAURA		PROGRAMA DE CAPACITACIONES AMBIENTALES SEMANALES		Código: RA-RAU-MAP-CAS-FOR-465
				Versión: 02
				Página: 1 de 1
AÑO: 2020				
FECHA	SEMANA	TEMA	URL	% CUMPLIMIENTO
29 dic. al 03 enero	SEMANA 01	ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS	\\svraufs0\40_mambiente_compartido\3_CAPACITACIONES SEMANALES CIA Y CONTRATAS\2020\SEMANA 1	100%
04 al 10 enero	SEMANA 02	NORMA ISO 14001:2015	\\svraufs0\40_mambiente_compartido\3_CAPACITACIONES SEMANALES CIA Y CONTRATAS\2020\SEMANA 2	100%
11 al 17 enero	SEMANA 03	POLITICA SOSTENIBILIDAD	\\svraufs0\40_mambiente_compartido\3_CAPACITACIONES SEMANALES CIA Y CONTRATAS\2020\SEMANA 3	100%

Figura 13. Evidencia del desarrollo de capacitaciones en temas ambientales.

Fuente: Compañía Minera Raura S.A.

- Comunicación:

- Generalidades: la Unidad Minera Raura ha establecido un proceso de comunicación interna y externa respecto al Sistema de Gestión Ambiental.
- Comunicación interna y externa: todas las áreas de la unidad conocen los procedimientos de comunicación, participación y consulta, de aquel modo se planifica el recibir visitas de los diferentes grupos de interés establecidos en el procedimiento.

RAURA		COMUNICACIÓN, PARTICIPACION Y CONSULTA	Código: RA-RAU-COM-CPC-EST-001
			Versión: 003
			Página: 1 de 10

1. OBJETIVO

Establecer los mecanismos y lineamientos de comunicación externa e interna para atender las necesidades de información y consulta en temas del Sistema de Gestión Ambiental (SGA).

Atender las disposiciones sobre participación y comunicación establecidas en las normas de certificación, normas legales en materia de medio ambiente, y las políticas internas de la empresa.

2. ALCANCE

El presente estándar se aplica a:

- Las **Comunicaciones internas**, es decir, la que permite la participación, consulta e información hacia los colaboradores de Raura y de sus empresas contratistas en materia del SGA.
- Las **Comunicaciones externas**, es decir, las que permiten informar, atender y consultar a los públicos externos a las operaciones de Raura, tales como visitantes a la unidad, proveedores, organismos reguladores, autoridades y población en general en materia del SGA.

Figura 14. Evidencia del procedimiento de comunicación.

Fuente: Compañía Minera Raura S.A.

- Información de la documentación:

- Generalidades: para cumplir este ítem, la Unidad Minera Raura ha implementado una base de datos, la cual está a disposición de todas las gerencias de la unidad.
- Creación y actualización: en el proceso de funcionamiento no hubo documentación nueva, de existir más, los nuevos procedimientos o documentación se realizará de acuerdo a lo propuesto en el Manual del Sistema de Gestión Ambiental.
- Control de la información documentada: para el cumplimiento de ese ítem, se dispone de una lista que maestra de documentos, donde se contempla a los estándares, PETS y formatos, la cual está debidamente controlada por el Área de Medio Ambiente.

LISTA MAESTRA DE DOCUMENTOS (OPERATIVOS)							Fecha de Actualización:
							Formato:
							Fecha:
							Formato:
							Fecha:
FECHA DE ACTUALIZACIÓN:		28/09/2013		Proceso / Área de responsabilidad:			Medio Ambiente
NOTA: Considerar las celdas que aplican							
Nº	Alcance (organizativo, área, proceso)	Tipo de documento	Código	Versión	Nombre del documento	UBICACIÓN EN LA RED (Referencia)	Medio de soporte (físico y/o electrónico)
1	Medio Ambiente y Prevención	PROCEDIMIENTO	RA-RAUAMP-GA-PRD-001	1	Supervisión e Inspecciones Ambientales	RA-RAUAMP-GA-PRD-001-01-001 RA-RAUAMP-GA-PRD-001-01-001	Electrónico
2	Medio Ambiente y Prevención	PROCEDIMIENTO	RA-RAUAMP-LCE-PRD-002	1	Limpieza de Cuentas y Estructuras de Manejo de Aguas	RA-RAUAMP-LCE-PRD-002-01-001 RA-RAUAMP-LCE-PRD-002-01-001	Electrónico
10	Medio Ambiente y Prevención	PROCEDIMIENTO	RA-RAUAMP-OPF-PRD-010	1	Manejo de Aguas Residual Domésticas	RA-RAUAMP-OPF-PRD-010-01-001 RA-RAUAMP-OPF-PRD-010-01-001	Electrónico

Figura 15. Evidencia de la lista maestra de documentos.

Fuente: Compañía Minera Raura S.A.

H. Operación:

- Planificación y control operacional:

Este ítem está íntimamente arraigado en el ítem 6.1 y 6.2 del sistema original implementado, donde se establecen los criterios de operación para los procesos y también la implementación del control de los procesos de acuerdo a los criterios de operación.

- Preparación y respuesta ante emergencias:

Para poder cumplir con este ítem. la unidad tiene preparado una serie de simulacros en la que tiene por objetivo dar el entrenamiento adecuado a los trabajadores ante un eventual incidente ambiental y de esta manera poder minimizar su impacto. Para el logro de esta actividad los simulacros se programan de acuerdo a la identificación de los aspectos ambientales identificados en la matriz de riesgos ambientales del área de planta concentradora; en la identificación de riesgos ambientales no se incluyó un simulacro con respecto a la calidad del aire.

PROGRAMA DE SIMULACROS AMBIENTALES				CODIGO: RA-SUMAP-PSA-PRG-001											
				VERSION: 001											
AÑO: 2020				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
ÍTEM	ACTIVIDADES	ÁREA	RESPONSABLE												
12	Potencial fuga de aguas residuales	Planta Concentradora	Superintendente de Planta Concentradora										X		
14	Potencial derrame de relave	Planta Concentradora	Superintendente de Planta Concentradora												X
16	Potencial colapso de presa de relaves	Planta Concentradora	Superintendente de Plantas Concentradoras				X								

Figura 16. Evidencia del programa de simulacros.

Fuente: Compañía Minera Raura S.A.

I. Evaluación de desarrollo:

- Seguimiento, medición, análisis y evaluación:
 - Generalidades: la Unidad Minera Raura hace seguimiento, medición y evaluación sobre su desempeño ambiental involucrando a todas las áreas operativas, para ello se ha establecido un criterio fundamental conocido como el Índice de Desempeño Ambiental (IDA), en la cual cada área operativa, conjuntamente con todas las empresas conexas mineras, es evaluada mensualmente a fin de establecer el seguimiento y medición del cumplimiento ambiental asumido por la Unidad Minera Raura.
 - Evaluación del cumplimiento: para el cumplimiento de este ítem se empleó el consolidado del año 2019 de todas las áreas de la unidad.

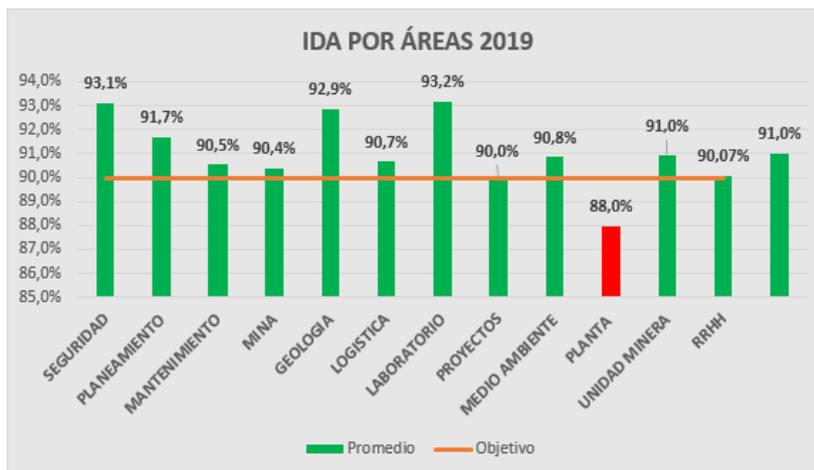


Figura 17. Representación del índice de Desempeño Ambiental (IDA) de la Unidad Minera Raura.

Fuente: Compañía Minera Raura S.A.

El resultado de 88 % que se muestra en el cuadro corresponde el resultado del desempeño de la planta concentradora, la cual no llegó al estándar establecido, debido a que obtuvo varios incidentes ambientales los cuales bajaron el índice de desempeño ambiental.

- Auditoría interna:
 - Generalidades: para el cumplimiento del Ítem, la Unidad Minera Raura realiza auditorías internas para verificar el cumplimiento de los requisitos ambientales de la organización, verificando en campo si esta implementada y actualizada.
 - Programa de auditoría interna: la unidad ha establecido, implementado y mantenido el programa de auditoría interna, donde incluye la frecuencia, los métodos y las responsabilidades de la gestión ambiental de la unidad minera.



Figura 18. Evidencia del plan de auditorías internas del Sistema de Gestión Ambiental de la Unidad Minera Raura.

Fuente: Compañía Minera Raura S.A.

- Revisión por la dirección: La alta dirección de la Unidad Minera Raura revisa el Sistema de Gestión Ambiental periódicamente, lo cual incluye las cuestiones internas y externas de las partes involucradas, riesgos y oportunidades, grado de cumplimiento de objetivos ambientales, no conformidades y acciones correctivas.

	ACTA DE REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN	Código: RA-RAU-MAP-ARD-ACT-001
		Versión: 001
		Página: 1 de 1

Fecha (s): 10 de febrero del 2019
Horario: (de inicio y fin) de 10:00 – 12:00 horas
Lugar: Gerencia de Unidad

PARTICIPANTES
(Ausencia justificada o no justificada)

Martín Esparza Varas (Gerente de Unidad) Nilton Apaza Corti (Gerente de Operaciones) Alfredo Gilberti Galarza (Jefe de Medio Ambiente)
--

TEMAS TRATADOS
Informe Revisión por la Dirección del Sistema de Gestión ISO:14001:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Seguimiento de las acciones resultantes de la última Revisión por la Dirección 2. Principales cambios del SGA <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cuestiones Externas e Internas que son Pertinentes al Sistema de Gestión Ambiental. ▪ Necesidades y Expectativas de las Partes interesadas, incluyendo requisitos legales y otros requisitos. ▪ Riesgos y Oportunidades. ▪ Aspectos Ambientales Significativos 3. Cumplimiento de los Objetivos y Metas 2018 4. Desempeño Ambiental de la Organización: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Estado de las No Conformidades y Acciones Preventivas ▪ Seguimiento y Medición ▪ Cumplimiento de los Requisitos Legales y otros Requisitos ▪ Resultados de las auditorías 5. Recursos 6. Comunicaciones pertinentes de las Partes interesadas – quejas 7. Oportunidades de Mejora Continua

ACUERDO DE LA GERENCIA DE UNIDAD

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Destinar recursos financieros para la ejecución y cumplimiento de los Proyectos de Excelencia Operacional. ▪ Continuar con las reuniones de Planeamiento Estratégico de forma anual a nivel corporativo. ▪ Realizar seguimiento de forma permanente al Plan de Trabajo y cumplimiento a los hallazgos detectados durante las Auditorías de cumplimiento Legal, de acuerdo a los plazos establecidos, así mismo, se deben integrar estos hallazgos como parte de los Proyectos de Excelencia Operacional.
--


Martín Esparza Varas
Gerente de Operaciones


Nilton Apaza Corti
Gerente de Operaciones


Alfredo Gilberti Galarza
Jefe de Medio Ambiente

Figura 19. Evidencia de la revisión por la alta dirección.

Fuente: Compañía Minera Raura S.A.

J. Mejora:

- Generalidades:

Las potenciales mejoras que se identificaron en la planta concentradora, están asociados a los derrames de mineral u otro reactivo dentro de la planta, para ello toda área operativa realiza un *flash report* si se ha producido algún impacto negativo dentro de sus operaciones, en cuyo caso se realiza la investigación del incidente en la cual se dará a conocer las acciones correctivas que se puede sacar del incidente, logrando así una mejora continua constante.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la investigación

Los resultados obtenidos en la presente investigación fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (en adelante ECA) de aire, para determinar el cumplimiento de compromisos ambientales en la Unidad Minera Raura.

Parámetros	Periodo	Valor [µg/m ³]	Criterios de evaluación	Método de análisis ⁽¹⁾
Benceno (C ₆ H ₆)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg) ⁽²⁾	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Ozono (O ₃)	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM ₁₀	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM ₁₀ (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

NE: No Exceder.

⁽¹⁾ o método equivalente aprobado.

⁽²⁾ El estándar de calidad ambiental para Mercurio Gaseoso Total entrará en vigencia al día siguiente de la publicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, de conformidad con lo establecido en la Séptima Disposición Complementaria Final del presente Decreto Supremo.

Figura 20. Cuadro de los Estándares de Calidad Ambiental para aire.

Fuente: Ministerio del Ambiente (24).

4.1.1. Resultados de la caracterización de PM 2.5

- Estación de monitoreo E04 - Campamento Hidro Sur:

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones de las emisiones del material particulado de 2.5 micras (PM 2.5) para el punto E04:

Tabla 07. Emisiones de PM 2.5 en el punto E04.

Año	PM 2.5
2014	7.525
2015	3.289
2016	9.608
2017	5.150
2018	4.150
2019	5.550

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra el comportamiento de las emisiones. En el año 2016 existió ligeramente más generación de PM 2.5, debido a ello, se incrementó el material particulado en planta concentradora. De acuerdo al ECA no se supera el parámetro de PM 2.5 en la Unidad Minera Raura.

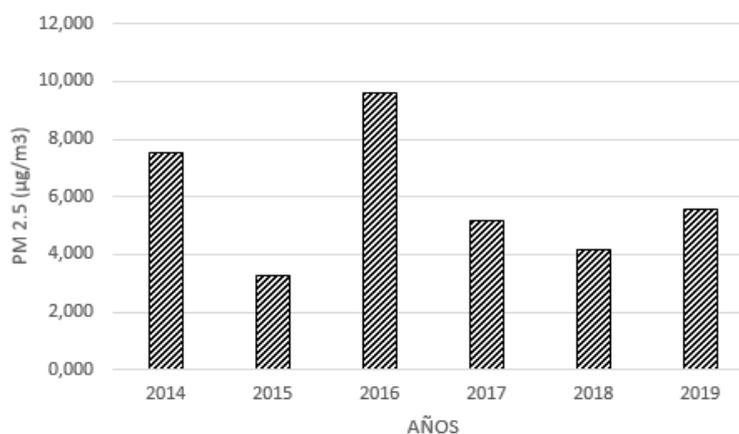


Figura 21. Emisiones de PM 2.5 en el punto E04.

Fuente: elaboración propia.

- Estación de monitoreo E05 - Casa Fuerza:

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones de las emisiones del material particulado de 2.5 micras (PM 2.5) para el punto E05.

Tabla 08. *Emisiones de PM 2.5 en el punto E05.*

Año	PM 2.5
2014	19.221
2015	11.273
2016	13.985
2017	10.575
2018	8.100
2019	8.100

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra el comportamiento de las emisiones de PM 2.5 en el punto E05; se observa una disminución progresiva en la planta concentradora, a partir del año 2016, donde se implementó el Sistema de Gestión Ambiental en el área de chancado; los colectores de polvo muestran una reducción del material particulado al ser emitido al ambiente. De acuerdo al ECA no se supera el parámetro de PM 2.5 en la Unidad Minera Raura.

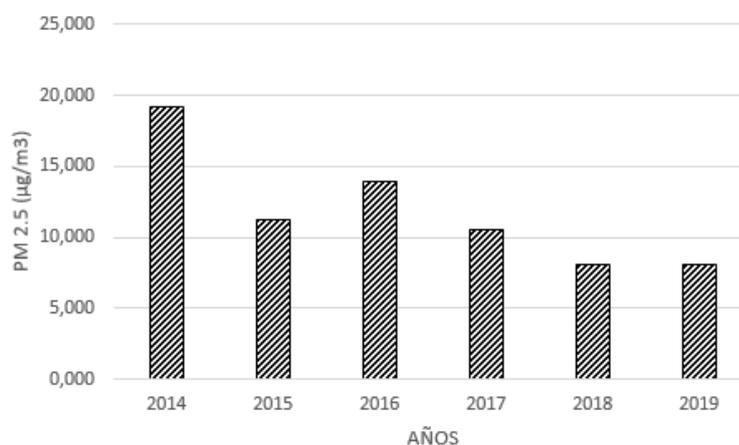


Figura 22. Emisiones de PM 2.5 en el punto E05.

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Resultados de la caracterización de PM 10

- Estación de monitoreo E04 - Campamento Hidro Sur:

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones de las emisiones del material particulado de 10 micras (PM 10) para el punto E04.

Tabla 09. Emisiones de PM 10 en el punto E04.

Año	PM 10
2014	23.903
2015	2.404
2016	25.881
2017	8.093
2018	9.144
2019	6.117

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra el comportamiento de las emisiones de PM 10 para el punto E04, en el año 2015 la emisión promedio fue de 2.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ debido a que a que no se tuvo el registro de la emisión de material particulado del 3^{er} y 4^{to} semestre, a partir del 2016 se observa la reducción del material particulado en la planta concentradora debido a la implementación de colectores de polvo en el área de chancado. De acuerdo al ECA no se supera el parámetro de PM 10 en la Unidad Minera Raura.

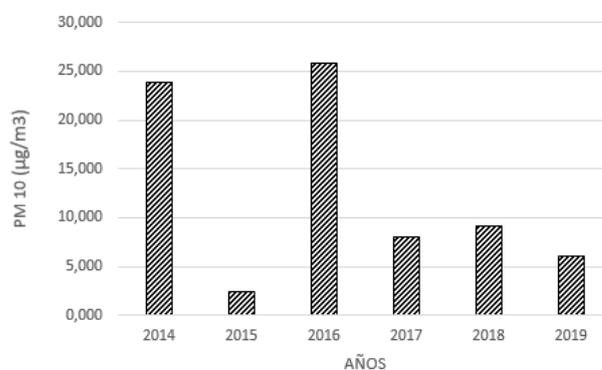


Figura 23. Emisiones de PM 10 en el punto E04.

Fuente: elaboración propia.

- Estación de monitoreo E05 - Casa Fuerza:

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones de las emisiones del material particulado de 10 micras (PM 10) para el punto E05.

Tabla 10. *Emisiones de PM 10 en el punto E05.*

Año	PM 10
2014	16.649
2015	11.163
2016	25.565
2017	11.339
2018	10.118
2019	10.858

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se observa que en el año 2015 no se tuvo un registro de las emisiones del 3^{er} y 4^{to} trimestre, a partir del año 2016 se observa la reducción del material particulado en la planta concentradora debido a la implementación de colectores de polvo en el área de chancado. De acuerdo al ECA no se supera el parámetro de PM 10 en la Unidad Minera Raura.

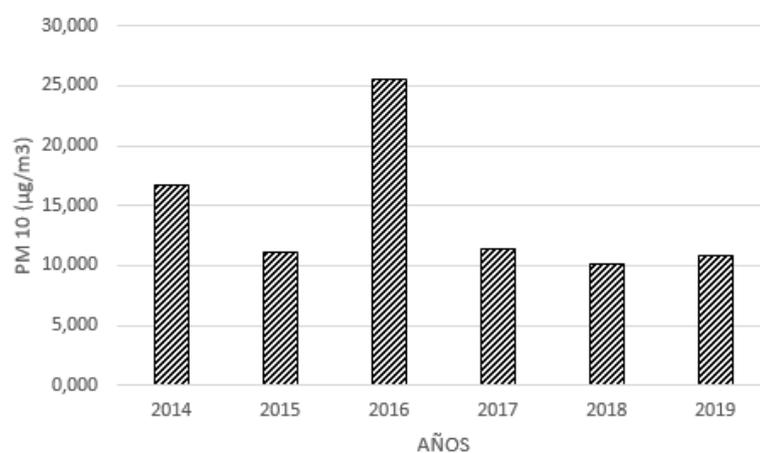


Figura 24. Emisiones de PM 10 en el punto E05.

Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Resultados de la caracterización de plomo (Pb) particulado

- Estación de monitoreo E04 - Campamento Hidro Sur:

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones de las emisiones del plomo (Pb) particulado para el punto E04.

Tabla 11. *Emisiones de Pb particulado en el punto E04.*

Año	Plomo (Pb) particulado
2014	0.176
2015	0.015
2016	0.183
2017	0.011
2018	0.119
2019	0.071

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra el comportamiento de las emisiones de plomo (Pb) particulado; a partir del año 2016 se observa la reducción del material particulado en la planta concentradora debido a la implementación de colectores de polvo en el área de chancado, además entre los años 2015 y 2017, en los monitoreos del 3^{er} y 4^{to} semestre, no se reportó debido a que el filtro de la estación recibió en su superficie unas gotas de agua de lluvia; al llegar al laboratorio y luego del proceso de secado del filtro se determinó que se originó una pérdida del material particulado (Pb). De acuerdo al ECA no se supera el parámetro de plomo (Pb) particulado en la Unidad Minera Raura.

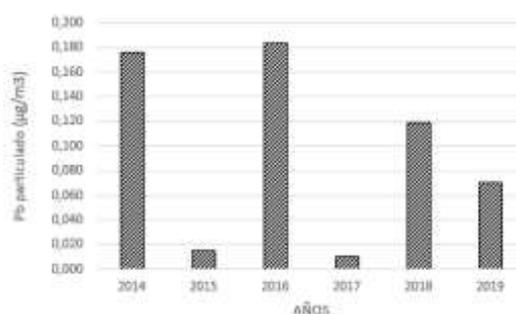


Figura 25. Emisiones de plomo (Pb) particulado en el punto E04.

Fuente: elaboración propia.

- Estación de monitoreo E05 - Casa Fuerza:

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones de las emisiones del plomo (Pb) particulado para el punto E05.

Tabla 12. *Emisiones de Pb particulado en el punto E05.*

Año	Plomo (Pb) particulado
2014	0.108
2015	0.094
2016	0.315
2017	0.074
2018	0.037
2019	0.115

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra el comportamiento de las emisiones para el plomo (Pb) particulado, a partir del año 2016 se implementaron los colectores de polvo en el área de chancado reduciendo en gran parte el plomo (Pb) particulado. De acuerdo al ECA no se supera el parámetro de plomo (Pb) particulado en la Unidad Minera Raura.

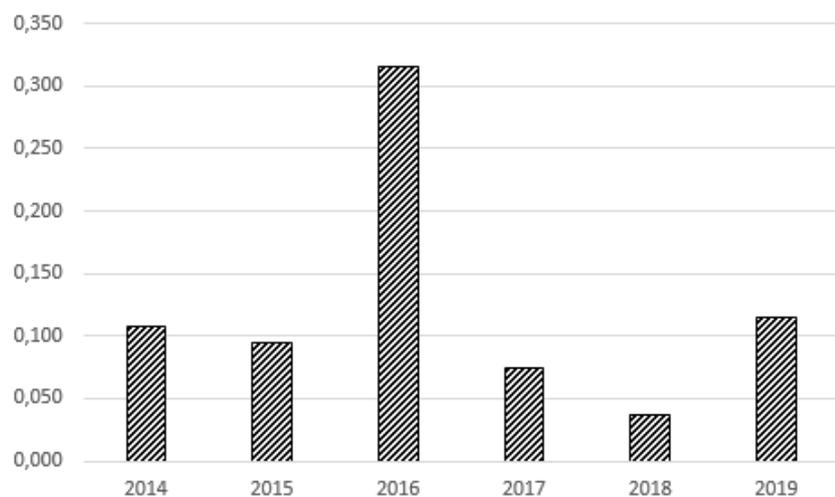


Figura 26. Emisiones de plomo (Pb) particulado en el punto E05.

Fuente: elaboración propia.

4.2. Prueba de hipótesis

Se realizaron las pruebas de hipótesis de acuerdo a los datos con una diferencia de medias mediante la prueba de t student para poblaciones independientes.

4.2.1. Prueba de hipótesis para la primera hipótesis específica (PM 2.5)

- Estación de monitoreo E04 - Campamento Hidro Sur:

Hipótesis de investigación:

- H_0 : La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental no permite reducir la concentración de material particulado de 2.5 micras (PM 2.5) en la Compañía Minera Raura S.A.
- H_1 : La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental permite reducir la concentración de material particulado de 2.5 micras (PM 2.5) en la Compañía Minera Raura S.A.

Hipótesis estadística:

- $H_0: \mu_{\text{sinSGA}} \leq \mu_{\text{conSGA}}$
- $H_1: \mu_{\text{sinSGA}} > \mu_{\text{conSGA}}$

Significancia:

- Nivel de confianza: 95 %.
- Error tipo I = $\alpha = 0.05$: Probabilidad de rechazar la H_0 cuando es verdadera.

Datos:

Tabla 13. *Datos de PM 2.5 para el punto E04 sin Sistema de Gestión Ambiental.*

Años	2014			2015			2016			
Sin SGA	4.000	5.990	3.470	16.640	3.098	3.480	8.716	11.275	5.541	12.900

Fuente: elaboración propia.

Tabla 14. Datos de PM 2.5 para el punto E04 con Sistema de Gestión Ambiental.

Años	2017				2018				2019			
Con SGA	6.400	3.100	4.700	6.400	2.900	4.300	5.300	4.100	1.900	6.800	4.300	

Fuente: elaboración propia.

Tipo de prueba:

- El tipo de prueba es unilateral derecha por que la H_1 tiene el signo mayor.

Estadístico de prueba:

- Primeramente, se realizó la prueba de varianza:
 - H_0 : las varianzas son iguales.
 - H_1 : las varianzas son diferentes.

F-test for equality of variance	
22.06382	variance: Sin SGA
2.46655	variance: Con SGA
8.95	F
0.0020	p-value

Figura 27. Test de varianza.

Fuente: elaboración propia.

Se determinó el p-valor = 0.0020, el cual es menor que $\alpha = 0.05$ rechazando de aquel modo la H_0 , por lo tanto, las varianzas de los datos en ambos grupos son diferentes. En la figura siguiente se representa la prueba de medias para diferentes varianzas.

1.89	t
0.0440	p-value (one-tailed, upper)

Figura 28. Test de medias.

Fuente: elaboración propia.

Decisión:

- Para las medias:

- El p-valor = Sig. = 0.044 es menor que $\alpha = 0.05$, rechazando de aquel modo la H_0 , aceptando así la H_1 .

Gráfica:

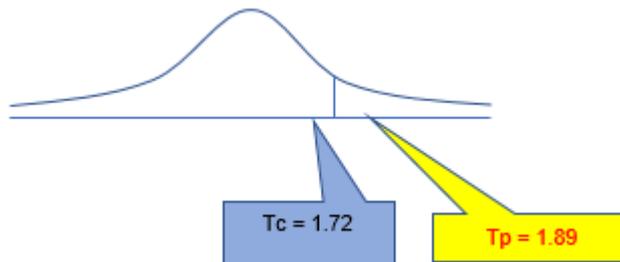


Figura 29. Gráfica de la prueba de medias.

Fuente: elaboración propia.

El valor de $t = 1.89$ cae en zona de rechazo de la H_0 , aceptando así la H_1 .

Conclusión:

- La muestra presenta evidencias para afirmar que la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental permite reducir la concentración de material particulado de 2.5 micras (PM 2.5) en la Compañía Minera Raura S.A., a un nivel de confianza del 95 %.
- Estación de monitoreo E05 - Casa Fuerza:

Hipótesis de investigación:

- H_0 : La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental no permite reducir la concentración de material particulado de 2.5 micras (PM 2.5) en la Compañía Minera Raura S.A.
- H_1 : La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental permite reducir la concentración de material particulado de 2.5 micras (PM 2.5) en la Compañía Minera Raura S.A.

Hipótesis estadística:

- $H_0: \mu_{\text{sinSGA}} \leq \mu_{\text{conSGA}}$
- $H_1: \mu_{\text{sinSGA}} > \mu_{\text{conSGA}}$

Significancia:

- Nivel de confianza: 95 %.
- Error tipo I = $\alpha = 0.05$: Probabilidad de rechazar la H_0 cuando es verdadera.

Datos:

Tabla 15. *Datos de PM 2.5 para el punto E05 sin Sistema de Gestión Ambiental.*

Años	2014				2015				2016		
Sin SGA	7.340	9.370	45.612	14.560	10.551	11.995	7.534	12.500	17.905	18.000	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 16. *Datos de PM 2.5 para el punto E05 con Sistema de Gestión Ambiental.*

Años	2017				2018				2019		
Con SGA	14.000	8.500	12.200	7.600	4.000	7.400	12.500	8.500	1.900	7.700	8.500

Fuente: elaboración propia.

Tipo de prueba:

- El tipo de prueba es unilateral derecha por que la H_1 tiene el signo mayor.

Estadístico de prueba:

- Primeramente, se realizó la prueba de varianza:
 - H_0 : las varianzas son iguales.
 - H_1 : las varianzas son diferentes.

F-test for equality of variance	
125.89266	variance: Group 1
12.63655	variance: Group 2
9.96	F
0.0013	p-value

Figura 30. Test de varianza (2).

Fuente: elaboración propia.

Se determinó el p-valor = 0.0013, el cual es menor que $\alpha = 0.05$ entonces se rechaza la H_0 , por lo tanto, las varianzas de los datos en ambos grupos son diferentes. En la figura siguiente se representa la prueba de medias para diferentes varianzas.

1.92	t
0.0422	p-value (one-tailed, upper)

Figura 31. Test de medias (2).

Fuente: elaboración propia.

Decisión:

- Para las medias:
 - El p-valor = Sig. = 0.0422 es menor que $\alpha = 0.05$, rechazando de aquel modo la H_0 , aceptando así la H_1 .

Gráfica:

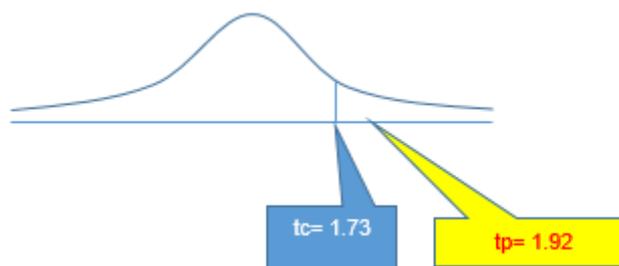


Figura 32. Gráfica de la prueba de medias (2).

Fuente: elaboración propia.

El valor de $t = 1.92$ cae en zona de rechazo de la H_0 , aceptando así la H_1 .

Conclusión:

- La muestra presenta evidencias para afirmar que la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental permite reducir la concentración de material particulado de 2.5 micras (PM 2.5) en la Compañía Minera Raura S.A., a un nivel de confianza del 95 %.

4.2.2. Prueba de hipótesis para la primera hipótesis específica (PM 10)

- Estación de monitoreo E04 - Campamento Hidro Sur:

Hipótesis de investigación:

- H_0 : La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental no permite reducir la concentración de material particulado de 10 micras (PM 10) en la Compañía Minera Raura S.A.
- H_1 : La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental permite reducir la concentración de material particulado de 10 micras (PM 10) en la Compañía Minera Raura S.A.

Hipótesis estadística:

- $H_0: \mu_{\text{sinSGA}} \leq \mu_{\text{conSGA}}$
- $H_1: \mu_{\text{sinSGA}} > \mu_{\text{conSGA}}$

Significancia:

- Nivel de confianza: 95 %.
- Error tipo I = $\alpha = 0.05$: Probabilidad de rechazar la H_0 cuando es verdadera.

Datos:

Tabla 17. *Datos de PM 10 para el punto E04 sin Sistema de Gestión Ambiental.*

Años	2014				2015			2016		
Sin SGA	9.900	26.700	27.310	31.700	1.425	3.382	32.554	12.927	21.943	36.100

Fuente: elaboración propia.

Tabla 18. Datos de PM 10 para el punto E04 con Sistema de Gestión Ambiental.

Años	2017					2018					2019	
Con SGA	6.893	3.229	8.040	14.210	3.836	23.210	1.356	8.175	1.933	9.105	3.230	10.200

Fuente: elaboración propia.

Tipo de prueba:

- El tipo de prueba es unilateral derecha por que la H_1 tiene el signo mayor.

Estadístico de prueba:

- Primeramente, se realizó la prueba de varianza:
 - H_0 : las varianzas son iguales.
 - H_1 : las varianzas son diferentes.

F-test for equality of variance	
158.60855	variance: Sin SGA
38.22512	variance: Con SGA
4.15	F
0.0300	p-value

Figura 33. Test de varianza (3).

Fuente: elaboración propia.

Se determinó el p-valor = 0.03, el cual es menor que $\alpha = 0.05$ entonces se rechaza la H_0 , por lo tanto, las varianzas de los datos en ambos grupos son diferentes. En la figura siguiente se representa la prueba de medias para diferentes varianzas.

2.89	t
0.0068	p-value (one-tailed, upper)

Figura 34. Test de medias (3).

Fuente: elaboración propia.

Decisión:

- Para las medias:

- El p-valor = Sig. = 0.0068 es menor que $\alpha = 0.05$, rechazando de aquel modo la H_0 , aceptando así la H_1 .

Gráfica:

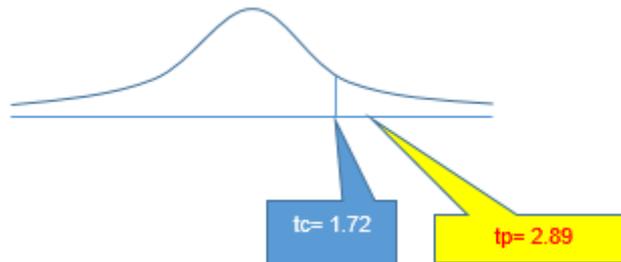


Figura 35. Gráfica de la prueba de medias (3).

Fuente: elaboración propia.

El valor de $t = 2.89$ cae en zona de rechazo de la H_0 , aceptando así la H_1 .

Conclusión:

- La muestra presenta evidencias para afirmar que la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental permite reducir la concentración de material particulado de 10 micras (PM 10) en la Compañía Minera Raura S.A., a un nivel de confianza del 95 %.
- Estación de monitoreo E05 - Casa Fuerza:

Hipótesis de investigación:

- H_0 : La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental no permite reducir la concentración de material particulado de 10 micras (PM 10) en la Compañía Minera Raura S.A.
- H_1 : La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental permite reducir la concentración de material particulado de 10 micras (PM 10) en la Compañía Minera Raura S.A.

Hipótesis estadística:

- $H_0: \mu_{\text{sinSGA}} \leq \mu_{\text{conSGA}}$
- $H_1: \mu_{\text{sinSGA}} > \mu_{\text{conSGA}}$

Significancia:

- Nivel de confianza: 95 %.
- Error tipo I = $\alpha = 0.05$: Probabilidad de rechazar la H_0 cuando es verdadera.

Datos:

Tabla 19. *Datos de PM 10 para el punto E05 sin Sistema de Gestión Ambiental.*

Años	2014				2015			2016		
Sin SGA	23.030	17.930	3.482	22.152	9.032	13.294	23.525	16.765	12.470	49.500

Fuente: elaboración propia.

Tabla 20. *Datos de PM 10 para el punto E05 con Sistema de Gestión Ambiental.*

Años	2016		2017			2018		2019						
Con SGA	14.980	9.824	9.214	14.980	9.824	9.214	5.020	21.370	5.010	9.072	6.923	15.210	8.200	13.100

Fuente: elaboración propia.

Tipo de prueba:

- El tipo de prueba es unilateral derecha por que la H_1 tiene el signo mayor.

Estadístico de prueba:

- Primeramente, se realizó la prueba de varianza:
 - H_0 : las varianzas son iguales.
 - H_1 : las varianzas son diferentes.

F-test for equality of variance	
155.36347	variance: Sin SGA
20.77032	variance: Con SGA
7.48	F
0.0014	p-value

Figura 36. Test de varianza (4).

Fuente: elaboración propia.

Se determinó el p-valor = 0.0014, el cual es menor que $\alpha = 0.05$ entonces se rechaza la H_0 , por lo tanto, las varianzas de los datos en ambos grupos son diferentes. En la figura siguiente se representa la prueba de medias para diferentes varianzas.

2.00	t
0.0365	p-value (one-tailed, upper)

Figura 37. Test de medias (4).

Fuente: elaboración propia.

Decisión:

- Para las medias:
 - El p-valor = Sig. = 0.0365 es menor que $\alpha = 0.05$, rechazando de aquel modo la H_0 , aceptando así la H_1 .

Gráfica:

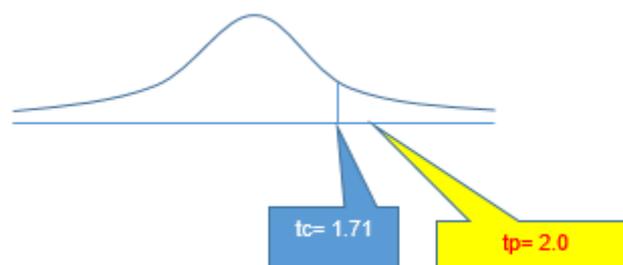


Figura 38. Gráfica de la prueba de medias (4).

Fuente: elaboración propia.

El valor de $t = 2.00$ cae en zona de rechazo de la H_0 , aceptando así la H_1 .

Conclusión:

- La muestra presenta evidencias para afirmar que la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental permite reducir la concentración de material particulado de 10 micras (PM 10) en la Compañía Minera Raura S.A., a un nivel de confianza del 95 %.

4.2.3. Prueba de hipótesis para la primera hipótesis específica (Pb particulado)

- Estación de monitoreo E04 - Campamento Hidro Sur:

Hipótesis de investigación:

- H_0 : La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental no permite reducir la concentración de plomo (Pb) particulado en la Compañía Minera Raura S.A.
- H_1 : La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental permite reducir la concentración de plomo (Pb) particulado en la Compañía Minera Raura S.A.

Hipótesis estadística:

- $H_0: \mu_{\text{sinSGA}} \leq \mu_{\text{conSGA}}$
- $H_1: \mu_{\text{sinSGA}} > \mu_{\text{conSGA}}$

Significancia:

- Nivel de confianza: 95 %.
- Error tipo I = $\alpha = 0.05$: Probabilidad de rechazar la H_0 cuando es verdadera.

Datos:

Tabla 21. *Datos plomo (Pb) particulado para el punto E04 sin Sistema de Gestión Ambiental.*

Años	2014				2015				2016		
Sin SGA	0.060	0.188	0.078	0.376	0.014	0.014	0.393	0.049	0.111	0.179	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 22. Datos plomo (Pb) particulado para el punto E04 con Sistema de Gestión Ambiental.

Años	2017					2018			2019			
Con SGA	0.019	0.019	0.019	0.011	0.019	0.119	0.019	0.019	0.019	0.044	0.145	0.023

Fuente: elaboración propia.

Tipo de prueba:

- El tipo de prueba es unilateral derecha por que la H_1 tiene el signo mayor.

Estadístico de prueba:

- Primeramente, se realizó la prueba de varianza:
 - H_0 : las varianzas son iguales.
 - H_1 : las varianzas son diferentes.

F-test for equality of variance		
	0.01938	variance: Sin SGA
	0.00195	variance: Con SGA
	9.92	F
	0.0008	p-value

Figura 39. Test de varianza (5).

Fuente: elaboración propia.

Se determinó el p-valor = 0.0008, el cual es menor que $\alpha = 0.05$ entonces se rechaza la H_0 , por lo tanto, las varianzas de los datos en ambos grupos son diferentes. En la figura siguiente se representa la prueba de medias para diferentes varianzas.

2.33	t
0.0211	p-value (one-tailed, upper)

Figura 40. Test de medias (5).

Fuente: elaboración propia.

Decisión:

- Para las medias:

- El p-valor = Sig. = 0.0211 es menor que $\alpha = 0.05$, rechazando de aquel modo la H_0 , aceptando así la H_1 .

Gráfica:

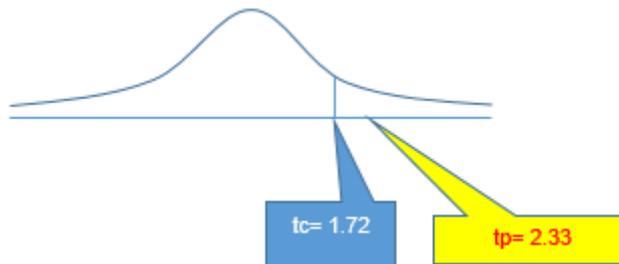


Figura 41. Gráfica de la prueba de medias (5).

Fuente: elaboración propia.

El valor de $t = 2.33$ cae en zona de rechazo de la H_0 , aceptando así la H_1 .

Conclusión:

- La muestra presenta evidencias para afirmar que la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental permite reducir la concentración de plomo (Pb) particulado en la Compañía Minera Raura S.A., a un nivel de confianza del 95 %.
- Estación de monitoreo E05 - Casa Fuerza:

Hipótesis de investigación:

- H_0 : La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental no permite reducir la concentración de plomo (Pb) particulado en la Compañía Minera Raura S.A.
- H_1 : La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental permite reducir la concentración de plomo (Pb) particulado en la Compañía Minera Raura S.A.

Hipótesis estadística:

- $H_0: \mu_{\text{sinSGA}} \leq \mu_{\text{conSGA}}$
- $H_1: \mu_{\text{sinSGA}} > \mu_{\text{conSGA}}$

Significancia:

- Nivel de confianza: 95 %.
- Error tipo I = $\alpha = 0.05$: Probabilidad de rechazar la H_0 cuando es verdadera.

Datos:

Tabla 23. *Datos plomo (Pb) particulado para el punto E05 sin Sistema de Gestión Ambiental.*

Años	2014				2015				2016				
Sin SGA	0.014	0.090	0.14	0.095	0.112	0.076	0.0171	0.425	0.386	0.432			

Fuente: elaboración propia.

Tabla 24. *Datos plomo (Pb) particulado para el punto E05 con Sistema de Gestión Ambiental.*

Años	2017				2018				2019			
Con SGA	0.102	0.074	0.019	0.046	0.057	0.019	0.031	0.042	0.075	0.164	0.107	0.115

Fuente: elaboración propia

Tipo de prueba:

- El tipo de prueba es unilateral derecha por que la H_1 tiene el signo mayor.

Estadístico de prueba:

- Primeramente, se realizó la prueba de varianza:
 - H_0 : las varianzas son iguales.
 - H_1 : las varianzas son diferentes.

F-test for equality of variance	
0.028043	variance: Group 1
0.001958	variance: Group 2
14.32	F
0.0001	p-value

Figura 42. Test de varianza (6).

Fuente: elaboración propia.

Se determinó el p-valor = 0.0001, el cual es menor que $\alpha = 0.05$ entonces se rechaza la H_0 , por lo tanto, las varianzas de los datos en ambos grupos son diferentes. En la figura siguiente se representa la prueba de medias para diferentes varianzas.

1.98	t
0.0380	p-value (one-tailed, upper)

Figura 43. Test de medias (6).

Fuente: elaboración propia.

Decisión:

- Para las medias:
 - El p-valor = Sig. = 0.0380 es menor que $\alpha = 0.05$, rechazando de aquel modo la H_0 , aceptando así la H_1 .

Gráfica:

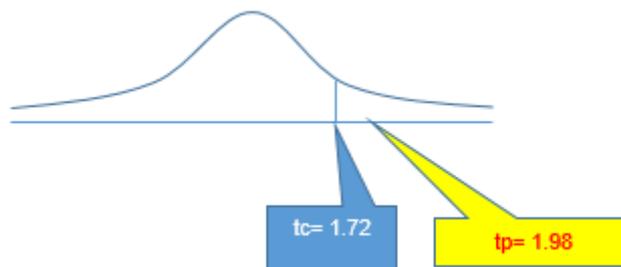


Figura 44. Gráfica de la prueba de medias (6).

Fuente: elaboración propia.

El valor de $t = 1.98$ cae en zona de rechazo de la H_0 , aceptando así la H_1 .

Conclusión:

- La muestra presenta evidencias para afirmar que la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental permite reducir la concentración de plomo (Pb) particulado en la Compañía Minera Raura S.A., a un nivel de confianza del 95 %.

4.3. Discusión de resultados

- De acuerdo a los datos que se procesaron del material particulado de 2.5 micras (PM 2.5), la media antes de implementar el Sistema de Gestión Ambiental en la planta concentradora fue de 11.524 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que después de implementar el Sistema de Gestión Ambiental, a partir del 2016, la media pasó a ser de 6.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, demostrando de esta manera una reducción del 56.4 %; de acuerdo a los datos obtenidos se demuestra la efectividad de los colectores de polvo implementados en la planta concentradora.
- De acuerdo a los datos que se procesaron del material particulado de 10 micras (PM 10), la media antes de implementar el Sistema de Gestión Ambiental en la planta concentradora fue de 19.756 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que después de implementar el Sistema de Gestión Ambiental, a partir del 2016, la media pasó a ser de 9.437 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, demostrando de esta manera una reducción del 47.8 %, de acuerdo a los datos obtenidos se demuestra la efectividad de los colectores de polvo implementados en la planta concentradora.
- De acuerdo a los datos que se procesaron del plomo (Pb) particulado, la media antes de implementar el Sistema de Gestión Ambiental en la planta concentradora fue de 0.162 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que después de implementar el Sistema de Gestión Ambiental, a partir del 2016, la media pasó a ser de 0.055 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, demostrando de esta manera una reducción de 34 %, de acuerdo a los datos obtenidos se demuestra la efectividad de los colectores de polvo implementados en la planta concentradora.

CONCLUSIONES

1. Los impactos más relevantes después de la aplicación del Sistema de Gestión Ambiental se asociaron a la reducción de material particulado en la planta concentradora.
2. De acuerdo a la validación de las hipótesis, se afirma que el material particulado de 2.5 micras (PM 2.5) se redujo en un 56.4 % con respecto al valor inicial antes de implementar un Sistema de Gestión Ambiental.
3. De acuerdo a la validación de las hipótesis, se afirma que el material particulado de 10 micras (PM 10) se redujo en un 47.8 % con respecto al valor inicial antes de implementar un Sistema de Gestión Ambiental.
4. De acuerdo a la validación de las hipótesis, se afirma que el plomo (Pb) particulado se redujo en un 34 % con respecto al valor inicial antes de implementar un Sistema de Gestión Ambiental.
5. De acuerdo a la validación de datos, se afirma que la implementación es progresiva, de esta manera se puede llegar a reducir al máximo los niveles de material particulado en relación con la mejora continua en el tiempo.
6. De acuerdo a la validación de los datos, se afirma que la concentración de material particulado (PM 2.5, 10 y plomo) en la Unidad Minera Raura, no supera los Estándares de Calidad Ambiental para aire.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda otros tipos de análisis de material particulado, como los monitoreos con drones y sensores, ya que esto permitirá ver con mayor precisión los tipos de contaminantes que se emiten al ambiente, a la vez permitirá tener un mayor control con respecto a los datos obtenidos al momento de realizar los sondeos programados.
2. Se recomienda realizar un cambio de tecnología en el área de chancado, como los molinos Zag, los cuales permitirán reducir en mayor concentración la emisión de los materiales particulados al ambiente.
3. Se recomienda realizar el monitoreo del aire cuando hay un incremento en la producción, ya que estos valores se pierden debido a que los monitoreos son trimestrales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. WORLD HEALTH ORGANIZATION, W. 2015. OMS | Contaminación del aire. *WHO Contaminación del aire* [en línea]. [Consulta: 13 enero 2021]. Disponible en: http://www.who.int/topics/air_pollution/es
2. YANZA, A. y VIVIANA, M. 2016. *Derecho a vivir en un ambiente sano y la contaminación del aire urbano* [en línea]. Pregrado. Ambato Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. [Consulta: 13 enero 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/18583>
3. ANGULO, L., HUERTAS, J. y RESTREPO, G. 2011. Caracterización de Partículas Suspendidas (PST) y Partículas Respirables (PM 10) producidas en Áreas de Explotación Carbonífera a Cielo Abierto. *Información tecnológica*, **22**, 4, pp. 23-34. ISSN 0718-0764.
4. RODRÍGUEZ, B., ROJO, J. y MOSQUERA, J. 2006. Neumoconiosis. *Medicine - programa de formación médica continuada acreditado*, **9**, 64, pp. 4140-4152. ISSN 0304-5412.
5. WORLD HEALTH ORGANIZATION, W. 2007. WHO | Silicosis. [en línea]. [Consulta: 13 enero 2021]. Disponible en: <https://web.archive.org/web/20070614065110/http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs238/en/>
6. OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ADMINISTRATION, O. 2007. Safety and Health Topics: Silica, Crystalline. [en línea]. [Consulta: 13 enero 2021]. Disponible en: <https://web.archive.org/web/20070518224100/http://www.osha.gov/SLTC/silicacrystalline/index.html>
7. PANIAGUA, G. y JAVIER, P. 2013. La silicosis en el ámbito laboral: medidas de prevención y su consideración como enfermedad profesional. En: Accepted: 2013-08-16T07:44:18Z [en línea], [Consulta: 13 enero 2021]. Disponible en: <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/7626>
8. RAMÍREZ, A. 2013. Silicosis. *Anales de la Facultad de Medicina*, **74**, 1, pp. 49-56. ISSN 1025-5583.
9. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. 2018. *Ministerio de Energía y Minas - Estadística de enfermedades ocupacionales en minería - Minería* [en línea]. S.I.: MINAM. Disponible en: http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=10187

10. ANGULO, L., HUERTAS, J. y RESTREPO, G. 2011. Caracterización de Partículas Suspendidas (PST) y Partículas Respirables (PM 10) producidas en áreas de explotación carbonífera a cielo abierto. *Información tecnológica*, **22**, 4, pp. 23-34. ISSN 0718-0764.
11. CARLÍN, C. 1957. Características de la silicosis en las minas del Perú: Estudio epidemiológico preliminar. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, **11**, 1-2, pp. 1-27. ISSN 1726-4634.
12. VEGA, R., VÁZQUEZ, R. y CARLOS, J. 2015. Enfermedades respiratorias en trabajadores expuestos al polvo laterítico. *Revista Cubana de Medicina*, **54**, 4, pp. 0-0. ISSN 0034-7523.
13. CANDANOZA, S., GORIBAR, L. y GARCÍA, F. 2013. Relación partículas respirables (PM10) / Partículas Suspendidas Totales (PST) en Santa Marta (Colombia). *DYNA*, pp. 9.
14. RODRIGUEZ, H. y DUVAN, C. 2014. *Relación de exposición a polvos de carbón, sílice cristalina y neumoconiosis, en trabajadores de minas de socavón, Cundinamarca, 2014*. [en línea]. masterThesis. S.I.: Universidad del Rosario. [Consulta: 25 septiembre 2018]. Disponible en: <http://repository.urosario.edu.co/handle/10336/10041>
15. SÁNCHEZ, C. y CÓRDOVA, M. 2017. *Material particulado y su incidencia en la salud de los trabajadores en la Empresa de Calzado CM Original* [en línea]. Posgrado. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. [Consulta: 15 enero 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/24456>
16. ESCUDERO, P. y TORO, J. 2017. *Material particulado y su incidencia en alteraciones respiratorias en los trabajadores de la construcción en viviendas rurales TIPO MIDUVI* [en línea]. Posgrado. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. [Consulta: 15 enero 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/25950>
17. VELASTEGUÍ, A. y URRUTIA, F. 2017. *Evaluación de riesgos por ruido, iluminación y material particulado en la fábrica de carrocerías Master Metal* [en línea]. Pregrado. S.I.: Universidad Técnica de Ambato. [Consulta: 15 enero 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/25244>
18. MONTOLIO, T., VIDAL, M. y SANFELIU, A. 2005. *Contaminación y medio ambiente: Santiago (Chile) - Castellón (España), 1998-2002*. S.I.: Publicacions de la Universitat Jaume I. ISBN 978-84-8021-487-2.

19. MORALES, R. 2006. *Contaminación atmosférica urbana: episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago*. S.l.: Editorial Universitaria. ISBN 978-956-11-1835-5.
20. CASTELLS, X. 2012. *Diccionario de términos ambientales: Reciclaje de residuos industriales*. S.l.: Ediciones Díaz de Santos. ISBN 978-84-9969-370-5.
21. Ley N° 28611. 2005. *Ley General del Ambiente*.
22. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M. 2017. *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill. México: s.n. ISBN 978-1-4562-2396-0.
23. D.S 010-2019-MINAM, Decreto Supremo que aprueba el Protocolo Nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire.
24. Ministerio del Ambiente. D.S. 003-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire.

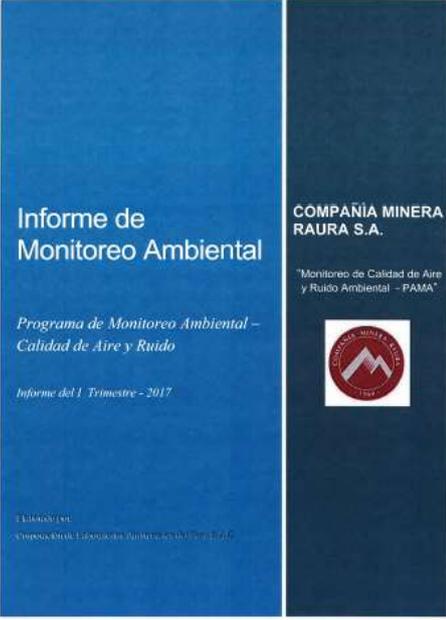
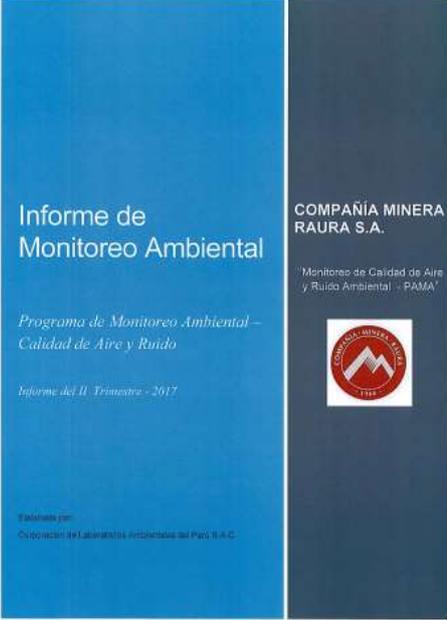
ANEXOS

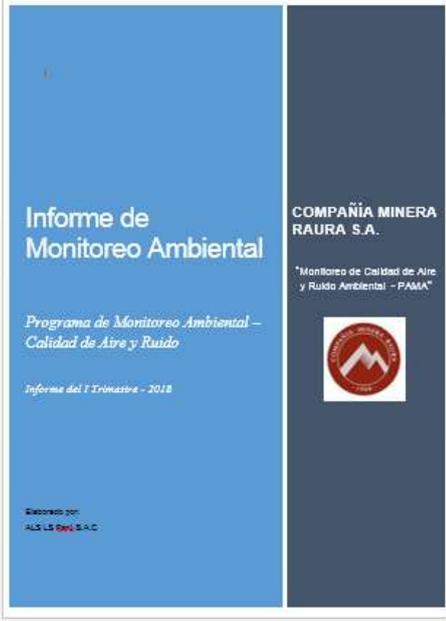
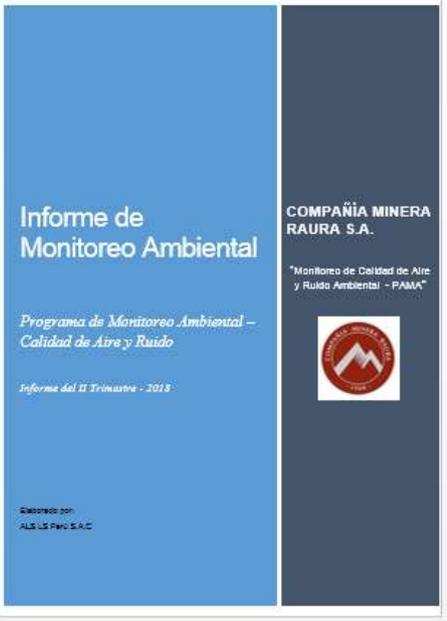
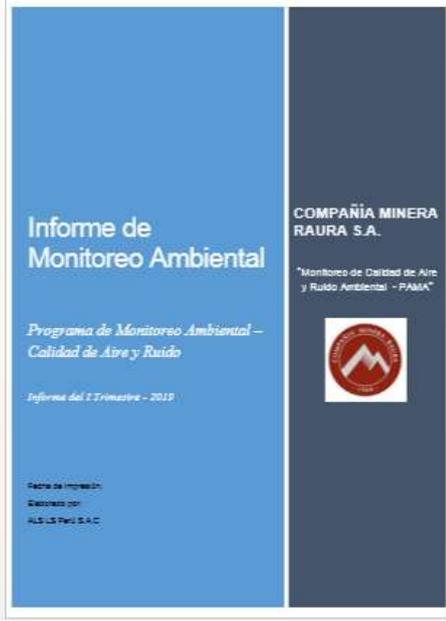
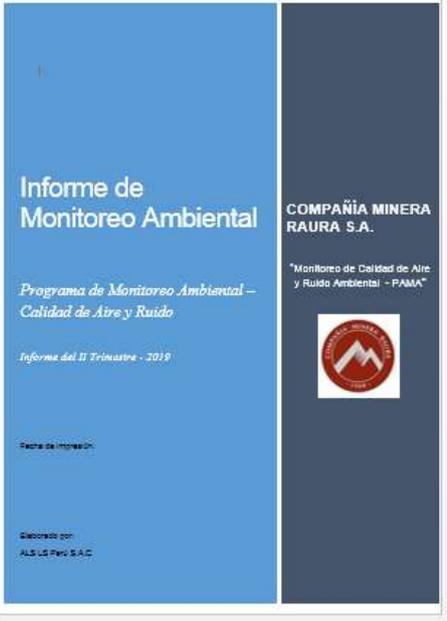
Anexo 01. Matriz de consistencia y de operacionalización de las variables.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEORICO	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p>Problema General:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿En qué proporción la implementación de un sistema de gestión ambiental en la planta concentradora de la Compañía Raura S. A. mejora la calidad del aire referente al material particulado? <p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo impacta la implementación de un sistema de gestión ambiental en la planta concentradora de la Compañía Raura S. A. en la mejora de calidad del aire referente al material particulado PM 2.5 micras? ¿Cómo impacta la implementación de un sistema de gestión ambiental en la planta concentradora de la Compañía Raura S. A. mejora la calidad del aire referente al material particulado PM 10 micras? ¿Cómo impacta la implementación de un sistema de gestión ambiental en la planta concentradora de la Compañía Raura S. A. mejora la calidad del aire referente al Pb particulado? 	<p>Objetivo General:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar los impactos de la implementación de un sistema de gestión ambiental en la planta concentradora de la Compañía Raura S. A. mejora la calidad del aire referente al material particulado <p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar la mejora de calidad referente al material particulado de 2.5 micras mediante la implementación de un sistema de gestión ambiental en la planta concentradora de la Compañía Raura S. A. Determinar la mejora de calidad referente al material particulado de 10 micras mediante la implementación de un sistema de gestión ambiental en la planta concentradora de la Compañía Raura S. A. Determinar la mejora de calidad referente al plomo particulado mediante la implementación de un sistema de gestión ambiental en la planta concentradora de la Compañía Raura S. A 	<p>Antecedentes:</p> <p>En el artículo científico de (ANGULO y Otros, 2011), que tiene como título "Caracterización de Partículas Suspensas (PST) y Partículas Respirables (PM10) producidas en Áreas de explotación Carboníferas a Cielo Abierto".</p> <p>En el artículo científico de (CARLÍN, 1959) que tiene por título "Características de la Silicosis en las minas del Perú: Estudio epidemiológico preliminar".</p> <p>En el artículo científico de (Vega Matos y otros, 2015) que tiene por título "Enfermedades respiratorias en trabajadores expuestos al polvo laterítico".</p> <p>En el artículo científico (Candanoza y otros 2013), titulado "Relación Partículas Respirables (Pm10)/ Partículas Suspensas Totales (PST) En Santa Marta (Colombia)".</p> <p>El autor (SÁNCHEZ, 2016) realizó la investigación "Material Particulado y su Incidencia en la Salud de los Trabajadores en la Empresa de Calzado CM Original" de la Maestría en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental de la Universidad Técnica de Ambato – Ecuador.</p> <p>El autor (ESCUADERO, 2017) realizó la investigación de "Material Particulado y su Incidencia en Alteraciones Respiratorias en los Trabajadores de la Construcción en Viviendas Rurales Tipo MIDUVI".</p>	<p>Hipótesis General</p> <ul style="list-style-type: none"> La implementación de un sistema de gestión ambiental referente al material particulado permite mejorar la calidad del aire en la Empresa minera Raura S.A. <p>Hipótesis Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> La implementación de un sistema de gestión ambiental permite reducir la concentración de material particulado de 2.5 micras la Empresa minera Raura S.A. La implementación de un sistema de gestión ambiental permite reducir la concentración de material particulado de 10 micras la Empresa minera Raura S.A. La implementación de un sistema de gestión ambiental permite reducir la concentración de Plomo particulado la Empresa minera Raura S.A. 	<p>Variable 1:</p> <p>Material Particulado</p> <p>Tipo:</p> <p>Independiente</p> <p>Dimensiones:</p> <p>PM 2.5 PM 10 Pb Particulado</p> <p>Variable 2:</p> <p>Sistema de Gestión Ambiental</p> <p>Tipo:</p> <p>Dependiente</p> <p>Dimensiones:</p> <p>Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001:2015</p>	<p>Tipo de Investigación:</p> <p>Aplicada</p> <p>Método General</p> <p>Hipotético - Deductivo</p> <p>Diseño de Investigación</p> <p>Cuasi-experimental</p> <p>Población:</p> <p>Volumen de aire producida en los años 2014 hasta 2019.</p> <p>Muestra:</p> <p>Dos estaciones de muestreo de 9 estaciones de monitoreo en toda la unidad minera</p> <p>Técnica de Recolección:</p> <p>Técnica de Observación y documentación, técnica de recopilación de información primaria</p> <p>Técnicas de Procesamiento</p> <p>Excel, Megastat2007, Google map</p>

Anexo 02. Informes de trimestrales de monitoreo de calidad del aire.

 <p>COMPAÑIA MINERA RAURA S.A.</p> <p>INFORME DE MONITOREO CALIDAD DE AIRE Y RUIDO Primer Trimestre</p> <p>Inspectorate Services Perú S.A.C. División Medio Ambiente</p> <p>OS 20093-14/OMA</p> <p>Presentado en: Marzo, 2014</p>	 <p>COMPAÑIA MINERA RAURA S.A.</p> <p>INFORME DE MONITOREO CALIDAD DE AIRE Segundo Trimestre</p> <p>Inspectorate Services Perú S.A.C. División Medio Ambiente</p> <p>OS 50325-14/OMA</p> <p>Presentado en: Junio, 2014</p>
<p>Informe de monitoreo de calidad del aire primer trimestre 2014.</p>	<p>Informe de monitoreo de calidad del aire segundo trimestre 2014.</p>
 <p>COMPAÑIA MINERA RAURA S.A.</p> <p>INFORME DE MONITOREO CALIDAD DE AIRE, RUIDO AMBIENTAL Y EN AMBIENTES DE TRABAJO PRIMER TRIMESTRE</p> <p>MINA RAURA</p> <p>Inspectorate Services Perú S.A.C. División Medio Ambiente</p> <p>OS 2087-15-AJOMA</p> <p>Presentado en: Marzo, 2015</p>	 <p>COMPAÑIA MINERA RAURA S.A.</p> <p>INFORME DE MONITOREO CALIDAD DE AIRE SEGUNDO TRIMESTRE</p> <p>MINA RAURA</p> <p>Inspectorate Services Perú S.A.C. División Medio Ambiente</p> <p>OS 5095-15-B/OMA</p> <p>Fecha de muestreo : Del 2015-05-27 al 2015-06-04 Fecha de análisis : Del 2015-06-04 al 2015-06-22</p> <p>Presentado en: Junio, 2015</p>
<p>Informe de monitoreo de calidad del aire primer trimestre 2015.</p>	<p>Informe de monitoreo de calidad del aire segundo trimestre 2015.</p>

<p style="text-align: center;">COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.</p> <p style="text-align: center;">INFORME DE MONITOREO CALIDAD DE AIRE, RUIDO AMBIENTAL Y EN AMBIENTES DE TRABAJO PRIMER TRIMESTRE</p> <p style="text-align: center;">UNIDAD MINERA RAURA</p> <p style="text-align: center;">Inspectorate Services Perú S.A.C. División Medio Ambiente</p> <p style="text-align: center;">OS 02052-16-BIOMA</p> <p style="text-align: center;">Presentado en: MARZO, 2016</p>	<p style="text-align: center;">COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.</p> <p style="text-align: center;">INFORME DE MONITOREO CALIDAD DE AIRE, RUIDO AMBIENTAL Y EN AMBIENTES DE TRABAJO SEGUNDO TRIMESTRE</p> <p style="text-align: center;">MINA RAURA</p> <p style="text-align: center;">Inspectorate Services Perú S.A.C. División Medio Ambiente</p> <p style="text-align: center;">OS 05025-B-16/OMA</p> <p style="text-align: center;">Presentado en: JUNIO, 2016</p>
<p style="text-align: center;">Informe de monitoreo de calidad del aire primer trimestre 2016.</p>	<p style="text-align: center;">Informe de monitoreo de calidad del aire segundo trimestre 2016.</p>
	
<p style="text-align: center;">Informe de monitoreo de calidad del aire primer trimestre 2017.</p>	<p style="text-align: center;">Informe de monitoreo de calidad del aire segundo trimestre 2017.</p>

	
<p>Informe de monitoreo de calidad del aire primer trimestre 2018.</p>	<p>Informe de monitoreo de calidad del aire segundo trimestre 2018.</p>
	
<p>Informe de monitoreo de calidad del aire primer trimestre 2019.</p>	<p>Informe de monitoreo de calidad del aire segundo trimestre 2019.</p>

Anexo 03. Puntos de captación de polvo.



Colector de polvo del apron Feeder 1.



Colector de polvo del apron Feeder 2.



Chancadora primaria Pioneer.



Chancadora secundaria Symons 5 ½.



Chancadora terciaria cónicas.



Faja transportadora de mineral de 2 pulgadas.



Colector de polvo primario.



Colector de polvo secundario.



Pulmón de colector de polvo.



Tuberías de conexión de polvos.



Estación de Monitoreo E05 Casa Fuerza -
Subestación Raura.



Estación de Monitoreo E04 Campamento Hidro Sur.

Anexo 04. Plano de ubicación de los colectores de polvo de la planta concentradora.

