



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“ANÁLISIS ESPACIAL DE CALIDAD ATMOSFÉRICA DE PM 10, PM 2,5 RUIDO Y VIBRACIÓN GENERADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA NO METÁLICA DE LA EMPRESA ECUAPET S.C.C., UBICADA EN LA PARROQUIA MULALÓ, PERIODO 2022”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros Ambientales

Autores:

Chimba Almachi Pedro Andrés

Guamangate Gavilanes Martha Alexandra

Tutor:

Agreda Oña José Luis, Ing. M.Sc.

LATACUNGA- ECUADOR

ABRIL – AGOSTO 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Chimba Almachi Pedro Andrés, con cédula de ciudadanía No. 050398532-7 y Guamangate Gavilanes Martha Alexandra, con cédula de ciudadanía No. 050393414-3, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “Análisis espacial de calidad atmosférica de pm 10, pm 2,5 ruido y vibración generados por la actividad minera no metálica de la empresa Ecuapet S.C.C., ubicada en la parroquia Mulaló, periodo 2022”, siendo el Ingeniero Mg. Agreda Oña José Luis, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 31 de agosto del 2022

Pedro Andrés Chimba Almachi

Estudiante

CC: 050398532-7

Martha Alexandra Guamangate Gavilanes

Estudiante

CC: 050393414-3

Ing. José Luis Agreda Oña, MSc.

Docente Tutor

CC: 0401332101

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **PEDRO ANDRÉS CHIMBA ALMACHI**, identificado con cédula de ciudadanía **050398532-7** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Análisis espacial de calidad atmosférica de pm 10, pm 2,5 ruido y vibración generados por la actividad minera no metálica de la empresa Ecuapet S.C.C., ubicada en la parroquia Mulaló, periodo 2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2018 - Marzo 2019

Finalización de la carrera: Abril 2022 – Septiembre 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutor: Ingeniero M.Sc. José Luis Agreda Oña

Tema: “Análisis espacial de calidad atmosférica de pm 10, pm 2,5 ruido y vibración generados por la actividad minera no metálica de la empresa Ecuapet S.C.C., ubicada en la parroquia Mulaló, periodo 2022”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 31 días del mes de agosto del 2022.

Pedro Andrés Chimba Almachi

EL CEDENTE

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.

LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **GUAMANGATE GAVILANES MARTHA ALEXANDRA** identificada con cédula de ciudadanía **050393414-3** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Análisis espacial de calidad atmosférica de pm 10, pm 2,5 ruido y vibración generados por la actividad minera no metálica de la empresa Ecuapet S.C.C., ubicada en la parroquia Mulaló, periodo 2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2019 - Marzo 2020

Finalización de la carrera: Abril 2022 – Septiembre 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutor: Ingeniero M.Sc. José Luis Agreda Oña

Tema: “Análisis espacial de calidad atmosférica de pm 10, pm 2,5 ruido y vibración generados por la actividad minera no metálica de la empresa Ecuapet S.C.C., ubicada en la parroquia Mulaló, periodo 2022”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 31 días del mes de agosto del 2022.

Martha Alexandra Guamangate Gavilanes

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.

LA CEDENTE

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“ANÁLISIS ESPACIAL DE CALIDAD ATMOSFÉRICA DE PM10, PM2.5, RUIDO Y VIBRACIÓN GENERADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA NO METÁLICA DE LA EMPRESA ECUAPET S.C.C. UBICADA EN LA PARROQUIA MULALÓ PERIODO 2022”, de Chimba Almachi Pedro Andrés y Guamangate Gavilanes Martha Alexandra, de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 26 de agosto del 2022

Ing. José Luis Agreda Oña M.Sc.

DOCENTE TUTOR

CC: 0401332101

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Chimba Almachi Pedro Andrés y Guamangate Gavilanes Martha Alexandra, con el título de Proyecto de Investigación: **“ANÁLISIS ESPACIAL DE CALIDAD ATMOSFÉRICA DE PM10, PM2.5, RUIDO Y VIBRACIÓN GENERADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA NO METÁLICA DE LA EMPRESA ECUAPET S.C.C. UBICADA EN LA PARROQUIA MULALÓ PERIODO 2022”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 26 de agosto del 2022

Lector 1 (Presidente)

Lic. Patricio Clavijo Cevallos, M.Sc.

CC: 0501444582

Lector 2

Ing. Oscar Daza Guerra, Mgs.

CC: 0400689790

Lector 3

Ing. Jose Andrade Valencia, Mgs.

CC: 0502524481

AGRADECIMIENTO

Debo agradecer a las grandes fuerzas de la vida por haberme otorgado una familia maravillosa y con ello a mis padres, María de Lourdes Almachi y Alberto Chimba, a ustedes que son el inicio de mi mundo formado con ejemplo de superación, humildad, apoyo, sacrificio y dedicación constante; creando también en mí los mejores valores para mi porvenir, con valentía, carácter y principios que supieron impartir desde sus distintas formas y que ha contribuido a la consecución de este logro muy importante para toda mi vida. A ellos dedico el presente trabajo que demuestra toda mi trayectoria universitaria y enseñanzas de todos mis distinguidos maestros.

De la misma forma agradecer a todos mis compañeros que hicieron viable la carrera universitaria y a Maricelita, mi novia que hizo un acompañamiento increíble a mi vida desde hace 6 años.

Pedro Andrés Chimba Almachi

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a Dios por permitirme convertir en una profesional en lo que tanto me apasiona. Ahora, cuando concluyo mis estudios, les dedico a ustedes este logro querido padres, Manuel y Esther por todo el apoyo brindado, en especial a mi madre quien siempre ha sido mi guía, mi motor, que impulsa mis metas y anhelos. Orgullosa de tenerlos a ustedes como mis padres y que hayan sido parte de este proceso tan importante en mi vida, agradecer también a mi ángel Soñita. Gracias a cada uno de mis maestros que fueron parte de este proceso integral de formación.

Martha Alexandra Guamangate Gavilanes

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “ANÁLISIS ESPACIAL DE CALIDAD ATMOSFÉRICA DE PM 10, PM 2,5
RUIDO Y VIBRACIÓN GENERADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA NO
METÁLICA DE LA EMPRESA ECUAPET S.C.C. UBICADA EN LA PARROQUIA
MULALÓ PERIODO 2022”**

AUTORES: Chimba Almachi Pedro Andrés
Guamangate Gavilanes Martha Alexandra

RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo evaluar la calidad atmosférica en la minera no metálica de extracción de chasqui de la empresa Ecuapet S.C.C. mediante un análisis espacial de puntos críticos de afectación. Para lo cual, se realizó monitoreos estableciéndose metodologías para la determinación de la concentración de material particulado PM10, PM2.5; nivel de presión sonora a partir del ruido específico y ruido residual con los filtros de medición de dB, dBA y dBC, en cuanto a vibración del suelo se midió la aceleración, desplazamiento y velocidad. Por medio de la modalidad cuantitativa se determinó las concentraciones de material particulado en el aire, ruido residual/específico y vibración, con los datos obtenidos por el método en mención permitió hallar los puntos en donde se encuentra con mayor concentración. Obteniéndose como resultados en cuanto a PM10, una concentración máxima de 97.83 ug/m³ y PM2.5 el valor más alto de 49.67 ug/m³, es decir que no excede los límites máximos permisibles; según el cálculo del índice de ruido continuo equivalente corregido los puntos en donde excede el límite máximo permisible son el área de carga con un valor máximo de 82.49 dB y el área de remoción de tierras con el valor más alto de 79.5 dB; asociada a dicha generación de ruido la vibración generada por la cargadora frontal, tractor tipo oruga y los vehículos de carga; sin embargo en las afueras de la mina los niveles de ruido son sumamente bajos con un registro mínimo de 45.32 dB, esto en consecuencia de la funcionalidad de la barrera ecológica. El impacto que se genera en el lugar de influencia en el aspecto social, provoca incomodidad por la afluencia de vehículos de carga hacia la mina como también en la parte ambiental el cambio de las condiciones naturales del lugar que influyen en la alteración de la estructura del suelo. Finalmente se concluye que no existió contaminación que sobrepase los límites máximos permisibles en cuanto a material particulado, referente a ruido si se evidenció contaminación sobre los límites establecidos en la normativa ambiental ecuatoriana.

Palabras clave: atenuación beta, barreras ecológicas, límites máximos permisibles, ruido continuo

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “SPATIAL ANALYSIS OF ATMOSPHERIC QUALITY OF PM10, PM2.5 NOISE AND VIBRATION GENERATED BY THE NON-METALLIC MINING ACTIVITY OF THE COMPANY ECUAPET S.C.C., LOCATED IN THE MULALÓ PARISH, PERIOD 2022”

AUTHORS: Chimba Almachi Pedro Andrés
Guamangate Gavilanes Martha Alexandra

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the atmospheric quality in the non-metallic mining company “Ecuapet S.C.C.” through a spatial analysis of critical points of affectation. For which, monitoring was carried out, establishing methodologies for the concentration determination of particulate material PM10, PM2.5; sound pressure level from the specific noise and residual noise with the dB, dBA, and dBC measurement filters, in terms of ground vibration, acceleration, displacement, and speed were measured. The quantitative method was used to determine the concentrations of particulate matter in the air, residual/specific noise and vibration, using the data obtained by the method in question to find the points with the highest concentrations. Getting results in terms of PM10, a maximum concentration of 97.83 ug/m³, and PM2.5, the highest value of 49.67 ug/m³, does not exceed the maximum permissible limits. According to the calculation of the corrected equivalent continuous noise index, the points where it exceeds the maximum possible limit are the loading area with a maximum value of 82.49 dB and the land removal area with the highest value of 79.5 dB; associated with the generation of noise is the vibration generated by the front loader, caterpillar-type tractor, and cargo vehicles; however, on the outskirts of the mine, the noise levels are extremely low with a minimum record of 45.32 dB, this is a consequence of the functionality of the ecological barrier. The impact that is generated at the place of influence in the social aspect, causes discomfort due to the influx of cargo vehicles to the mine as well as in the environmental part, the change in the natural conditions of the place influencing the alteration of soil structure. Finally, it was concluded that there was no contamination that exceeded the maximum permissible limits for particulate matter, but with regard to noise, there was evidence of contamination above the limits established in Ecuadorian environmental regulations.

Keywords: beta attenuation, ecological barriers, maximum permissible limits, constant noise.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN ..	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTO	ix
AGRADECIMIENTO	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
ÍNDICE DE CONTENIDO	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
4. OBJETIVOS	4
4.1. Objetivo General.....	4
4.2. Objetivo Específico.....	4
5. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
6.1. Contaminación atmosférica	6
6.2. Material Particulado	6
6.3. Clases de Material Particulado.....	6
6.4. Contaminación del aire por material particulado.....	7
6.5. Clasificación de las partículas en base a su diámetro	7
6.6. Ruido	8
6.7. Ruido ambiental.....	8
6.7.1. Fuentes emisoras de ruido.....	8
6.7.2. Fuente Fija de Ruido (FFR)	8
6.7.3. Fuente Móvil de Ruido (FMR).....	9
6.7.4. Tipos de ruido.....	9
6.7.5. Nivel de Presión Sonora	9
6.7.6. Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (Leq).....	10

6.7.7.	<i>Decibel (dB)</i>	10
6.7.8.	<i>Sonómetro</i>	10
6.8.	Vibraciones	11
6.8.1.	<i>Variables asociadas a las vibraciones de origen mecánico</i>	11
6.9.	La atmósfera	11
6.10.	El Aire	12
6.11.	Clima	12
6.12.	Barrera mitigadora o ecológica	12
6.13.	Atenuación beta	13
7.	MARCO LEGAL	13
7.1.	Constitución de la República del Ecuador	13
7.2.	Código Orgánico del Ambiente	14
7.3.	Reglamento al Código Orgánico del Ambiente	15
7.4.	Acuerdo Ministerial 097-A	15
7.5.	Código Orgánico Integral Penal	15
7.6.	Ley Orgánica Reformatoria a la Ley de Minería	16
8.	PREGUNTA CIENTÍFICA	16
9.	METODOLOGÍA	17
9.1.	Tipos de investigación	17
9.1.1.	<i>Investigación bibliográfica</i>	17
9.1.2.	<i>Investigación de campo</i>	18
9.2.	Métodos	18
9.2.1.	<i>Método descriptivo</i>	18
9.2.2.	<i>Método comparativo</i>	18
9.3.	Técnicas	19
9.3.1.	<i>Observación directa</i>	19
9.3.2.	<i>Entrevista</i>	19
9.3.3.	<i>Recolección de datos</i>	19
9.3.4.	<i>Análisis de datos</i>	19
9.4.	Instrumentos	20
9.5.	Equipos	20
9.5.1.	<i>Componentes del E-BAM</i>	20
9.5.2.	<i>Componentes del sonómetro</i>	21
9.5.3.	<i>Componentes del vibrómetro</i>	21
9.6.	Ubicación del área de estudio	21
9.7.	Procedimiento y metodología de monitoreo	22

9.7.1.	<i>Caracterización de las fuentes emisoras</i>	22
9.7.2.	<i>Protocolo para medición de material particulado</i>	23
9.7.3.	<i>Protocolo para medición de ruido</i>	27
9.7.4.	<i>Protocolo para medición de vibraciones</i>	34
9.7.5.	<i>Metodología para la elaboración de cartografía</i>	36
10.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.	36
10.1.	Caracterización biofísica del área de estudio	36
10.1.1.	<i>Temperatura</i>	36
10.1.2.	<i>Humedad relativa</i>	37
10.1.3.	<i>Nubosidad</i>	37
10.1.4.	<i>Dirección del viento</i>	37
10.1.5.	<i>Velocidad del viento</i>	38
10.1.6.	<i>Precipitación</i>	38
10.1.7.	<i>Geología regional</i>	38
10.1.8.	<i>Geología local</i>	38
10.1.9.	<i>Geomorfología</i>	38
10.1.10.	<i>Edafología</i>	39
10.1.11.	<i>Uso actual del suelo</i>	39
10.1.12.	<i>Flora</i>	39
10.1.13.	<i>Fauna</i>	40
10.2.	Resultados de monitoreo	40
10.2.1.	<i>Monitoreo de PM10</i>	42
10.2.2.	<i>Material particulado PM2.5</i>	46
10.2.3.	<i>Ruido ambiental en la Concesión Minera Caspi Churopinto</i>	52
10.2.4.	<i>Resultados de vibraciones</i>	54
10.3.	Medidas de mitigación ambiental a las actividades contaminantes	55
10.3.1.	<i>Discusión de resultados</i>	58
11.	IMPACTOS	61
11.1.	Social	61
11.2.	Ambiental	61
11.3.	Económico	62
12.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
12.1.	Conclusiones	62
12.2.	Recomendaciones	63
13.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	64
14.	ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios del Proyecto	3
Tabla 2. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos	5
Tabla 3. Concentraciones de contaminantes en la calidad del aire.....	24
Tabla 4. Puntos de muestreo	25
Tabla 5. Horarios de monitoreo.....	25
Tabla 6. LMP de emisión de ruido para FFR	27
Tabla 7. Puntos de monitoreo de ruido	28
Tabla 8. Horario de monitoreo	29
Tabla 9. Plan de línea base de ruido ambiental.....	30
Tabla 10. Plan de monitoreo ambiental de ruido	30
Tabla 11. Componentes de baja frecuencia.....	31
Tabla 12. Plan de línea base de vibraciones	35
Tabla 13. Plan de monitoreo ambiental de vibraciones.....	36
Tabla 14. Fuentes emisoras de ruido dentro de la concesión.....	41
Tabla 15. Datos de material particulado <i>PM10</i> en 24 horas (P1).....	42
Tabla 16. Datos de material particulado <i>PM10</i> en 24 horas (P2).....	44
Tabla 17. Datos de material particulado <i>PM10</i> en 24 horas (P3).....	45
Tabla 18. Datos de material particulado <i>PM2.5</i> en 24 horas (P1).....	47
Tabla 19. Datos de material particulado <i>PM2.5</i> en 24 horas (P2).....	49
Tabla 20. Datos de material particulado <i>PM2.5</i> en 24 horas (P3).....	51
Tabla 21. Datos de nivel de presión sonora.....	53
Tabla 22. Vibraciones del frente de extracción minera	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la empresa Ecuapet S.C.C.	22
Figura 2. Distribución de la dirección del viento, estación Cotopaxi-Clirsén.....	37
Figura 3. Concentraciones de PM10 más altas en el área de control de ingreso y salida (P1)	43
Figura 4. Concentraciones de PM10 más altas en el área de carga (punto de extracción) (P2)	44
Figura 5. Concentraciones de PM10 más altas en el área de pago y parqueadero (P3).....	46
Figura 6. Concentraciones de PM2.5 más altas en el área de control de ingreso y salida (P1)	48
Figura 7. Concentraciones de PM2.5 más altas en el área de carga (punto de extracción) (P2)	50
Figura 8. Concentraciones de PM2.5 más altas en el área de pago y parqueadero (P3).....	52
Figura 9. Nivel de presión sonora continua equivalente ponderado corregido	53
Figura 10. Vibraciones del frente de extracción durante cinco días.....	55
Figura 11. Mapa de concentración de PM10.....	56
Figura 12. Mapa de concentración de PM2.5.....	57
Figura 13. Mapa de dispersión en forma circular referente al ruido	58
Figura 14. Barrera ecológica de eucalipto.....	60

INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Análisis espacial de calidad atmosférica de PM 10, PM 2,5 ruido y vibración generados por la actividad minera no metálica de la empresa Ecuapet S.C.C., ubicada en la parroquia Mulaló, periodo 2022”

Lugar de ejecución:

Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, carrera de Ingeniería Ambiental.

Nombres de equipo de investigación:

Tutor: Ing. José Luis Ágreda Oña M.Sc.

Estudiantes: Sr. Pedro Andrés Chimba Almachi

Srta. Martha Alexandra Guamangate Gavilanes

LECTOR 1: Lic. Patricio Clavijo Cevallos M.Sc.

LECTOR 2: Ing. Oscar Daza Guerra Mgs.

LECTOR 3: Ing. José Andrade Valencia Mgs.

Área de Conocimiento:

Ciencias Naturales, Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

Línea de investigación:

Energías Alternativas y Renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub-línea de Investigación de la Carrera:

Manejo y Conservación del Recurso Aire.

Línea de Vinculación de la Facultad:

Gestión de recurso natural, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social.

1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Es importante para la colectividad contar con estudios sobre la evaluación y el análisis general de los niveles de material particulado, ruido y vibración presentes en la concesión minera Caspi Churopinto de la empresa Ecuapet S.C.C., de la parroquia Mulaló, cantón Latacunga. Los aportes que se han establecido dentro de esta investigación están enfocados hacia la generación y obtención de un mapa geoespacial, en el cual muestra el lugar en donde los niveles de los contaminantes del aire son más elevados, como también las horas picos en donde se evidencia mayor incidencia de material particulado, ruido y vibración, es decir las zonas críticas en las cuales se sugiere implementar medidas de mitigación.

Los beneficiarios de la presente investigación corresponde principalmente a la sociedad civil y al ambiente, que incide en la población aledaña al área de la concesión minera, de tal manera que dicha empresa mantenga el control y cuidado en cuanto a los impactos que la actividad de exploración y extracción de piedra pómez “chasqui” ocasiona al ambiente. Adicionalmente el estudio de caso se mantendría como un precedente para los futuros estudios e investigaciones, dentro o fuera de la academia.

La presente investigación vincula a la Universidad Técnica de Cotopaxi con el sector de estudio a través de la generación de mapas geoespaciales de material particulado, ruido y vibraciones, en un trabajo mancomunado con el gerente de la empresa Ecuapet S.C.C, el administrador de la entidad y los trabajadores de la concesión minera con el objetivo en común de garantizar el Buen Vivir establecido dentro de la Constitución de la República del Ecuador.

2. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto de investigación se desarrolló en el cantón Latacunga, parroquia Mulaló, que es el lugar en los que se encuentran los beneficiarios directos del desarrollo del presente análisis de la calidad atmosférica (véase Tabla N° 1).

Tabla 1. Beneficiarios del Proyecto

BENEFICIARIOS		HOMBRES	MUJERES	CANTIDAD
Área administrativa y operadores	Directos	5		5
Conductores de transporte pesado	Directos	31		31
TOTAL DIRECTOS				36
Barrio Churopinto Santa Catalina	Indirectos	57	63	120
Barrio Colcas	Indirectos	72	78	150
Barrio el Caspi	Indirectos	191	209	400
TOTAL INDIRECTOS				670

Fuente: (PDOT MULALÓ, 2020)

3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La contaminación ambiental es una de las problemáticas más importantes que afectan a la sociedad del siglo XXI, en la actualidad la contaminación del aire es uno de los principales problemas ambientales a nivel mundial, tanto en los países desarrollados como en aquellos en vías de desarrollo (Reyes et al., 2016). Dentro de la industria minera, es de gran importancia la obtención de recursos minerales no metálicos, los cuales sirven de materia prima para la fabricación de compuestos requeridos y utilizados en la industria de la construcción. (Velasco, 2015)

La contaminación atmosférica por material particulado ocasiona la alteración de la composición natural de la atmósfera como consecuencia de la entrada en suspensión de partículas, ya sea por causas naturales o por la acción del hombre. Alvis (2012), menciona que las partículas son frecuentemente clasificadas como primarias las que son emitidas directamente a la atmósfera y secundarias las cuales se forman o modifican en la atmósfera por condensación, crecimiento o cambio químico de los gases y se emplean diversos términos para clasificar las partículas arrastradas por el viento como: polvo, partícula, ceniza fina, niebla, vapores y humo.

De acuerdo a lo manifestado por Oyarzun et al., (2021), la generación de ruido en cuanto a las concesiones mineras no metálicas, es ocasionada en su mayoría debido a la utilización de maquinaria mecánica como cargadora frontal y tractor tipo oruga para obtener el material, así

mismo el empleo de volquetes y camiones para el transporte del mineral en el proceso de comercialización los mismos que producen ruido mayormente notable en las inmediaciones de la mina y de menor magnitud en sus alrededores es decir, se trata de un problema que afecta principalmente a quienes trabajan en la mina y sus instalaciones.

Las vibraciones de baja amplitud en el suelo son una forma de contaminación ambiental que afectan al hombre, son originadas principalmente por el tránsito de vehículos pesados y en menor frecuencia por cambios en la presión atmosférica y canteras a cielo abierto. En las inmediaciones de la concesión minera Caspi Churopinto se realiza la extracción del mineral piedra pómez para lo cual emplean los equipos que son una cargadora frontal y un tractor tipo oruga. Las vibraciones ocasionadas por la maquinaria empleada para el proceso de extracción, así como también volquetas y camiones que ingresan al área minada para la adquisición del mineral extraído, ocasionan vibraciones perceptibles en el área de ejecución del proyecto.

Cotopaxi al ser considerado una provincia que contiene áreas mineras por lo general a cielo abierto, presenta generación de material particulado, ruido y vibración, que son propias de las acciones realizadas para la extracción del mineral. Evidenciándose que la generación de estos contaminantes es durante todo el día, pudiendo ocasionar molestias y diferentes tipos de impactos hacia el normal curso de la naturaleza de los lugares aledaños a la zona intervenida. Siendo esta una problemática de la provincia, especialmente de Latacunga, que se ha visto necesario corroborar la información que presentan las empresas mineras para el conocimiento de causa.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Evaluar la calidad atmosférica en la minera no metálica de extracción de chasqui mediante un análisis espacial de puntos críticos de afectación.

4.2. Objetivo Específico

- Caracterizar biofísicamente el área concesionada, mediante la investigación en bases de datos y visitas de campo.

- Determinar parámetros de material particulado PM10 y PM2.5, ruido y vibración para el establecimiento de los puntos críticos de afectación en la zona de estudio a través de cartografía.
- Establecer estrategias de mitigación ambiental a las actividades contaminantes identificadas.

5. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

La siguiente tabla detalla el seguimiento de los objetivos según la acción que se estableció para la presente investigación.

Tabla 2. *Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos*

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultado
O.1.- Caracterizar biofísicamente el área concesionada y sus alrededores mediante la investigación en bases de datos y visitas de campo.	-Reconocimiento del área de estudio de la concesión minera. -Identificación de fuentes emisoras de ruido (FER's).	Diagnóstico y caracterización del área de estudio a través de visitas de campo y revisión bibliográfica.	Línea base
O.2.- Determinar parámetros de material particulado PM10 Y PM2.5, ruido y vibración para el establecimiento de los puntos críticos de afectación en la zona de estudio.	-Toma y registro de datos que determina el equipo EBA-M; el equipo sonómetro y el instrumento vibrómetro. -Procesamiento de mapas geográficos de los puntos críticos para cada parámetro de medición.	Protocolo de medición y muestreo de material particulado, ruido y vibraciones. Aplicación de los sistemas de información geográfica SIG.	Base de datos de la máquina E-BAM "Excel" Libreta de campo con coordenadas Georreferenciadas y registros de monitoreos. Mapas temáticos
O.3.- Establecer estrategias de mitigación ambiental a las actividades contaminantes identificadas.	Determinación de soluciones para mitigación	Revisión de la normativa ambiental.	Medidas de mitigación.

Nota: *Cada objetivo se encuentra relacionado con las actividades y el desarrollo necesario para alcanzar a los resultados.*

6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

6.1. Contaminación atmosférica

Los contaminantes atmosféricos, normalmente medidos en la atmósfera urbana, provienen de fuentes móviles (tráfico rodado) y de fuentes fijas de combustión (industrias, usos residenciales climatización, y procesos de eliminación de residuos). Se distingue entre contaminantes primarios y secundarios; los primeros son los que proceden directamente de la fuente de emisión.; los contaminantes secundarios se producen como consecuencia de las transformaciones, reacciones químicas y físicas que sufren los contaminantes primarios en el contexto de la atmósfera. (Ferran, 2005)

6.2. Material Particulado

PM significa material particulado (también llamado contaminación por partículas): 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. Estas partículas vienen en muchos tamaños y formas, y pueden estar conformadas por cientos de diferentes químicos. Algunas se emiten directamente desde una fuente, como obras en construcción, caminos sin asfaltar, campos, chimeneas o incendios. La mayoría de las partículas se forman en la atmósfera como resultado de reacciones complejas de químicos, como el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno, que son contaminantes emitidos por centrales eléctricas, industrias y automóviles. (EPA, 2021)

6.3. Clases de Material Particulado

El material particulado se clasifica según su diámetro aerodinámico de cada partícula, de esta forma las partículas suspendidas totales (PST) tienen un diámetro que va de 0.001 a alrededor de 100 micrómetros (μm). Las que miden menos de 10 μm (PM10) se conocen como fracción inhalable; una vez dentro del árbol respiratorio, dependiendo de sus propiedades específicas, se depositan en diferentes sitios, como fosas nasales, laringe, tráquea, bronquios, bronquiólos y sacos alveolares del pulmón (Huiming et al., 2013). En comparación con las partículas gruesas, las partículas finas (PM 2,5 partículas con diámetros aerodinámicos $\leq 2,5 \mu\text{m}$) tienen un área de superficie mayor por unidad de masa, lo que permite que las partículas PM 2,5 acumulen metales pesados con mayor eficacia; El PM 2.5 también es más peligroso que el PM más grueso

debido a su mayor tiempo de residencia en la atmósfera y su penetración más profunda en los pulmones. (Tzinzun et al., 2005)

6.4. Contaminación del aire por material particulado

La contaminación del aire a causa de la minería a cielo abierto, principalmente es por la remoción del suelo y por las condiciones climáticas que se presentes, las cuales pueden influenciar en la cantidad del material particulado, como lo menciona, Vilela et al., (2020), que “En cuanto al cómo se lleva a cabo la minería a cielo abierto, se debe hacer mención a la utilización de importantes maquinarias mineras (excavadoras, cintas transportadoras, entre muchas otras) y potentes insumos que son capaces de acabar con enormes superficies de tierra. La minería que se ha ejecutado en todas sus escalas debería contar con un sistema de defensa social y una exhaustiva vigilancia por los diversos órganos del poder público que se relacionan con los productos de la tierra ecuatoriana o sus yacimientos minerales.”

6.5. Clasificación de las partículas en base a su diámetro

Material particulado PM_{2.5}: Son las partículas con un diámetro inferior a 1 nm o inferior a 2,5µm respectivamente. A las partículas finas se las denomina PM_{2.5}. “Aún más importante es conocer la concentración y la composición de las partículas que ingresan al organismo y se depositan en lo más profundo de las vías respiratorias como son los sacos alveolares,” La fracción de este es producida por la combustión de los vehículos que funcionan con motores diésel. (Quijano et al., 2010)

Material particulado PM₁₀: Hace referencia al conjunto de partículas de tamaño inferior a las 10µm y son denominadas PM₁₀. “Hacen referencia a prácticamente todas las partículas con hasta cerca los 50µm de diámetro. Es de importancia fundamental conocer lo que nosotros denominamos como la fracción respirable, es decir, aquella parte del aire que inhalamos, ingresa al tracto respiratorio, pasa a través de la tráquea y se deposita en los pulmones, conocida como material particulado PM₁₀.” La fracción de este es producida por las partículas de polvo provenientes del suelo o de la alteración del mismo también provienen de la erosión de los suelos. (Quijano et al., 2010)

6.6. Ruido

La Comisión Europea (1996) expresó que el ruido a menudo se define como sonido no deseado o sonido fuerte, incómodo o inesperado. Su origen está en la actividad humana y está particularmente relacionado con el proceso de urbanización y desarrollo del transporte y la industria. El ruido es una de las principales fuentes de molestia para la población y el ambiente, causando problemas de salud y alterando las condiciones naturales de los ecosistemas. (MAATE, 2021)

6.7. Ruido ambiental

El ruido ambiental se puede definir como la presencia de sonido o sonidos perturbadores y desagradables, los cuales pueden generar riesgos o malestares en las poblaciones comprometidas e incluso perturba las condiciones normales del medio ambiente y su fauna (Cacho, 2017). Según Álvarez et al., (2017) manifiestan que se consideran que el ruido es un sonido que produce incomodidad y malestar, no necesariamente por niveles altos, siendo virtualmente nocivo para el sistema auditivo.

6.7.1. Fuentes emisoras de ruido

El Acuerdo Ministerial 097-A (2015) establece que una FER's es "toda actividad, operación o proceso que genere o pueda generar emisiones de ruido al ambiente, incluyendo ruido proveniente de seres vivos". Dentro de las fuentes emisoras de ruido se encuentran las Fuentes Fijas, se considera un conjunto de fuentes de ruido dentro de los límites físicos y legales de bienes raíces ubicadas en una ubicación fija o un lugar específico. Ejemplos de estas fuentes: metal mecánico, vehículos de lavado, fábricas, terminales de autobuses, clubes nocturnos.

6.7.2. Fuente Fija de Ruido (FFR)

Según lo establecido en el, Acuerdo Ministerial N° 097-A con fecha 08 de junio del 2015, en su anexo 5, expresa que, "Para esta norma, la fuente fija de ruido se considera a una fuente emisora de ruido o a un conjunto de fuentes emisoras de ruido situadas dentro de los límites físicos y legales de un predio ubicado en un lugar fijo o determinado."

6.7.3. Fuente Móvil de Ruido (FMR)

Según lo establecido en el, Acuerdo Ministerial N° 097-A con fecha 08 de junio del 2015, en su anexo 5, expresa que, “Para efectos de la presente norma, se entiende como fuentes móviles de ruido a todo vehículo motorizado que pueda emitir ruido al medio ambiente. Si una FMR se encontrase dentro de los límites de una FFR será considerada como una FER perteneciente a esta última.”

6.7.4. Tipos de ruido

De acuerdo al Ministerio del Ambiente del Ecuador, en su legislación ambiental establecida en el Acuerdo Ministerial 097-A 2015, clasifica al ruido en:

- a) **Ruido específico.** “Es el ruido generado y emitido por una FFR o una FMR. Es el que se cuantifica y evalúa para efectos del cumplimiento de los niveles máximos de emisión de ruido establecidos en esta norma a través del LK_{eq} (Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente Corregido)”
- b) **Ruido residual.** “Es el ruido que existe en el ambiente donde se lleva a cabo la medición en ausencia del ruido específico en el momento de la medición”.
- c) **Ruido total.** “Es aquel ruido compuesto por el ruido específico y el ruido residual”.
- d) **Ruido impulsivo.** “Ruido caracterizado por breves incrementos importantes de la presión sonora. La duración de un ruido impulsivo es generalmente inferior a 1s” (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).
- e) **Ruido intermitente.** Para Suter (2012), en su capítulo 47 del libro de Ruido, manifiesta que, el ruido intermitente produce pérdida auditiva. No obstante, los períodos de ruido que son interrumpidos por períodos de silencio pueden ofrecer al oído interno una oportunidad de recuperarse de una pérdida auditiva temporal y, por consiguiente, son algo menos peligrosos que el ruido continuado. El ruido intermitente tiende a ser más perjudicial que el ruido continuo, sobre todo cuando los períodos de ruido son impredecibles e incontrolables.

6.7.5. Nivel de Presión Sonora

Los sonidos en general pueden causar daños auditivos, inmediatos e irreversibles que pueden causar mucho dolor, hasta la pérdida de audición. Vinuesa (2019) manifiesta en su investigación que “El nivel de presión sonora o intensidad acústica puede tener una variación

de aproximadamente veinte veces su magnitud; por esta amplia variación la evaluación de este parámetro se realiza en una escala logarítmica, cuya unidad es el decibel (dB). El umbral de audición es de 0 dB, mientras el umbral del dolor es de aproximadamente 120 dB. Los sonidos confortables y agradables al oído humano se encuentran alrededor de los 45 dB, lo cual significa, por ejemplo, el nivel de ruido encontrado en una oficina.”

6.7.6. Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (L_{eq})

Dentro de las mediciones sonoras se puede encontrar con medidas de presión sonora continuas, las cuales se realiza las correcciones por bajas frecuencias y por ruidos residuales, por su parte National Instruments Corp. (2019), menciona en su artículo que, “ L_{eq} representa un valor conocido como nivel de sonido continuo equivalente. Por lo general, el nivel de presión acústica (SPL) que está midiendo varía en amplitud con el tiempo. L_{eq} por otro lado, es la constante imaginaria SPL que produciría la misma energía que el nivel de sonido fluctuante que está midiendo en un intervalo de tiempo dado. El nivel de presión de sonido equivalente ponderado continuo (Equivalent continuous A-weighted sound pressure level) es una medida común utilizada en la industria para caracterizar los niveles de ruido en entornos ruidosos. El resultado se expresa en dB (A), una escala de decibeles ponderada que filtra los componentes de frecuencia para imitar aproximadamente el perfil de audición del oído humano.”

6.7.7. Decibel (dB)

La unidad para medir la fuerza del sonido y el nivel de sonido se llama decibel y es una unidad logarítmica. Esto significa que dos fuentes idénticas de sonido juntas. Una disminución en el nivel de ruido de 1 dB es casi imposible de detectar por el oído humano. Sin embargo, si el nivel de ruido disminuye en 10 dB, el oído humano interpretará esto como el nivel de ruido reducido a la mitad. Por el contrario, un aumento de 10 dB es percibido como una duplicación del nivel de ruido. (Anton, 2019)

6.7.8. Sonómetro

El equipo facilitador para tomar las mediciones de energía sonora y ruidos que nos entreguen las medidas es el equipo Sonómetro Integrador el cual para, Montes (2019), “estos sonómetros tienen la capacidad de presentar el nivel continuo equivalente. Incorporan funciones para la transmisión de datos al computador, y algunos análisis en frecuencia, conocidos como sonómetro tipo 1 ideales para medidas de ruido ambiental de larga duración.”

6.8. Vibraciones

Una vibración puede describirse como el movimiento de un cuerpo sólido alrededor de una posición de equilibrio, sin que se produzca desplazamiento "neto" del mismo. Si el objeto que vibra entra en contacto con alguna parte del cuerpo humano, le transmite la energía generada por la vibración. Esta energía es absorbida por el cuerpo y puede producir en él diversos efectos, que dependen de las características de la vibración. Las vibraciones producidas por las máquinas generalmente no tienen una frecuencia determinada, sino que son una mezcla de vibraciones de diversas frecuencias. (Ideara, 2014)

6.8.1. Variables asociadas a las vibraciones de origen mecánico

Las variables que se encuentran asociadas a las vibraciones de origen mecánico son la amplitud, frecuencia y aceleración, mismas que se detallan a continuación:

- a) **Amplitud:** está representada por la distancia entre el punto de equilibrio y la máxima distancia de alejamiento hasta el punto máximo superior y hasta el punto máximo inferior, es decir, es el valor máximo que puede alcanzar la perturbación en un punto. Esto también se define como la intensidad de la vibración.
- b) **Frecuencia:** es el movimiento que se realiza el objeto desde que sale de su punto de equilibrio hasta que llega hasta el punto más alejado superior, luego hasta el punto más elevado inferior y luego llega nuevamente a su punto de equilibrio, es decir es el número de oscilaciones completas que realiza la vibración cada segundo, a este movimiento se lo denomina ciclo. La frecuencia de vibración se expresa como la cantidad de ciclos por segundo (Hz).
- c) **Aceleración:** es la velocidad del objeto en movimiento que pasa de un valor cero en los puntos extremos (cambios del sentido de movimiento) a un valor máximo cuando pasa por el punto de equilibrio. La velocidad se expresa normalmente en m/s. La aceleración es una medida de cuán rápido varía la velocidad el cuerpo en movimiento, se mide en m/s^2 y es habitual que sea la unidad medida cuando se trata de evaluar vibraciones. (Arias & Matinez, 2021)

6.9. La atmósfera

La atmósfera que contiene a uno de los elementos más importantes para la vida, que es el aire está distribuido en diferentes capas terrestres, Uriarte (2020), expresa que “son las distintas

capas de gases que recubren los astros celestes, atraídos por su gravedad hasta estabilizarse a su alrededor, alcanzando distintas alturas. Su composición química puede ser muy variada y, en el caso de la de nuestro planeta Tierra, contiene el aire que se respira y los gases que permiten la existencia de la vida. A la atmósfera de la Tierra se la conoce como atmósfera terrestre y en ella se centrará este artículo. La atmósfera terrestre es única en su composición en el Sistema Solar, ya que contiene la combinación apropiada de gases importantes para que la vida tenga lugar en la superficie del planeta.”

6.10. El Aire

El aire al encontrarse en todas partes y sus componentes son el nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono, entre otros. También está denominado como lo menciona, Diaz et al., (2020), “El aire como ecosistema, aunque no posee un microbiota autóctono, constituye un medio adecuado para la dispersión de los microorganismos. Pese a ser unos de los ecosistemas menos estudiados, el estudio continuo de la concentración y la diversidad fúngica presentes en el aire, ha permitido la detección la detección sistémica de géneros frecuentes y abundantes con potencialidades patogénicas y biodeteriorantes”.

6.11. Clima

Rivas (2018), establece que el clima es el grupo de promedios del tiempo que surge en la atmósfera, la cual guarda un carácter bastante estable por lo que ejerce influencia sobre otras condiciones del medio ambiente. Ejerce una notable influencia sobre otros recursos del medio natural, como es el tema de la vegetación, los diversos de suelos y además en los paisajes, los cuales varían según los tipos de intemperismo y erosión desarrollados bajos diferentes condiciones climáticas.

6.12. Barrera mitigadora o ecológica

Según la RAE (2021), una barrera es un obstáculo que obstruye o ralentiza el paso, en este caso es un cuerpo que se interpone entre la fuente del ruido mitigándola hacia un receptor. Van (2017), manifiesta que las barreras mitigadoras de ruido por el tipo de protección consisten en barreras vegetales, plantaciones de árboles frondosos, bambu (*bambusoideae*), cenicera marítima (*Jacobeia marítima*), rocío (*Aptenia cordifolia*); las barreras de vegetación, con un espesor de seis metros tienen ventajas adicionales cuando se considera la calidad del aire, los valores ecológicos y aceptación por parte de la sociedad. De acuerdo a Oña (2018), expresa que las barreras acústicas forman parte de los sistemas principales para la mitigación del ruido, son

barreras que se introducen entre la emisión del sonido y la fuente receptora la cual tiene como prioridad evitar que las ondas directas impacten hacia el receptor. Referente al caso de las partículas básicamente se adhieren al exterior de las hojas. Así mismo Martins (2017), establece que la cantidad de partículas extraídas del aire de esta forma dependerá de pegajosidad y el tamaño que sean las hojas. Pero estas partículas no se quedan sobre la superficie de la hoja para siempre, según el científico estadounidense. A veces el viento vuelve a suspenderlas en el aire, o en días de lluvia se disuelven y entran al sistema del suelo. Sin embargo, para Arroyave et al., (2019), aducen que las barreras de vegetación deben ser lo suficientemente densas como para ofrecer una mayor área superficial de deposición y suficientemente porosas para permitir la penetración, en lugar de una deflexión de la corriente de aire por encima de la barrera.

6.13. Atenuación beta

La forma de medición automática que realiza el equipo E-BAM está basada en una medición llamada Atenuación Beta como lo menciona Torres (2021), basada en la reducción de la radiación beta de un emisor calibrado al pasar a través de un filtro cubierto con MP10 y el método de pipeta vibratoria (TEOM) que se basa en el cambio de la frecuencia con que vibra una pipeta sobre la cual se deposita MP2,5. Los registros obtenidos se promedian en distintos períodos de tiempo para determinar los Índices de Calidad del Aire.

7. MARCO LEGAL

El marco legal vigente será referente al tema propuesto, los cuales comprende de leyes, reglamentos, convenios y normativas que respaldan el análisis de la calidad atmosférica:

7.1. Constitución de la República del Ecuador.

En el artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador, título II de los Derechos, capítulo segundo, sección segunda del registro oficial 449 de 20-oct-2008, modificado 25-ene-2021, establece que: “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak kawsay.”

Artículo 276 de la Constitución de la República del Ecuador, título VI del Régimen de Desarrollo, Capítulo primero, del registro oficial 449 de 20-oct-2008, modificado 25-ene-2021, menciona: El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:” 4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y

colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.”

7.2. Código Orgánico del Ambiente

Artículo 1 del Código Orgánico del Ambiente, título I, registro oficial suplemento 983 de 12-may-2017, menciona: - “Objeto. Este Código tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o sumak kawsay.”

Artículo 26, literal 8, del Código Orgánico del Ambiente, título III, capítulo II de las facultades ambientales de los GAD’s, registro oficial suplemento 983 de 12-may-2017, menciona: “Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido.”

Artículo. 191, del Código Orgánico del Ambiente, título III, capítulo V, registro oficial suplemento 983 de 12-may-2017, menciona: “Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto. Se dictarán y actualizarán periódicamente las normas técnicas, de conformidad con las reglas establecidas en este Código”

Artículo 194, del Código Orgánico del Ambiente, título III, capítulo V, registro oficial suplemento 983 de 12-may-2017, menciona: “Del ruido y vibraciones. La Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con la Autoridad Nacional de Salud, expedirá normas técnicas para el control de la contaminación por ruido, de conformidad con la ley y las reglas establecidas en este Código. Estas normas establecerán niveles máximos permisibles de ruido, según el uso del suelo y la fuente, e indicarán los métodos y los procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido en el ambiente, así como las disposiciones para la prevención y control de ruidos y los lineamientos para la evaluación de vibraciones en edificaciones.

Artículo 27, del Código Orgánico del Ambiente, título II, capítulo II, en su registro oficial suplemento 983 de 12-abr-2017, menciona: “De las Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes

corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales las siguientes facultades, que ejercerán en las áreas rurales de su respectiva circunscripción territorial, en concordancia con las políticas y normas emitidas por la Autoridad Ambiental Nacional”:

(...) “10. Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido.”

7.3. Reglamento al Código Orgánico del Ambiente

Artículo 486, del Reglamento al Código Orgánico del Ambiente, título IV, capítulo III, con registro oficial suplemento 507 de 12-jun-2019, establece que, dentro de los mecanismos de control y seguimiento de la calidad ambiental, para los Muestreos: “Es la actividad de toma de muestras con fines de evaluación y análisis de la calidad ambiental en proyectos, obras o actividades. Los Muestreos serán gestionados por los operadores para cumplir el plan de monitoreo del plan de manejo ambiental y para determinar la calidad ambiental de una descarga, emisión, vertido o recurso. Los Muestreos deben realizarse considerando normas técnicas vigentes y supletoriamente utilizando normas o estándares aceptados internacionalmente. Para la toma de muestras de las descargas, emisiones y vertidos, el operador deberá disponer de sitios adecuados para muestreo y aforo de los mismos y proporcionará todas las facilidades e información requeridas.”

7.4. Acuerdo Ministerial 097-A

Anexo 3, del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente, norma de emisiones al aire desde fuentes fijas.

Anexo 4, del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente, referente a la Norma de Calidad del Aire Ambiente o nivel de Inmisión.

Anexo 5, del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente, referente a la Niveles Máximos de Emisión de Ruido y Metodología de Medición para Fuentes Fijas y Fuentes Móviles y Niveles Máximos de Emisión de Vibraciones y Metodología de Medición.

7.5. Código Orgánico Integral Penal

Artículo 253, del Código Orgánico Integral Penal, en su Capítulo cuarto, sección segunda, con registro oficial N°180 de 17 de febrero de 2021, para los Delitos contra los recursos naturales, establece que: “ La persona que, contraviniendo la normativa vigente o por no adoptar las

medidas exigidas en las normas, contamine el aire, la atmósfera o demás componentes del espacio aéreo en niveles tales que resulten daños graves a los recursos naturales, biodiversidad y salud humana, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años.

7.6. Ley Orgánica Reformatoria a la Ley de Minería

Artículo 2, de la Ley Orgánica Reformatoria a la Ley de Minería, Registro Oficial Suplemento 517 de 29-ene.-2009, Última modificación: 28-jul.-2020, del Dominio del Estado sobre minas y yacimientos. - “Son de propiedad inalienable, imprescriptible, inembargable e irrenunciable del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, los minerales y sustancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo,” (...). “La explotación de los recursos naturales y el ejercicio de los derechos mineros se ceñirán al Plan Nacional de Desarrollo, a los principios del desarrollo sustentable y sostenible, de la protección y conservación del medio ambiente y de la participación y responsabilidad social, debiendo respetar el patrimonio natural y cultural de las zonas explotadas (...).”

Artículo 3, de la Ley Orgánica Reformatoria a la Ley de Minería, Registro Oficial Suplemento 517 de 29-ene.-2009, Última modificación: 28-jul.-2020, establece que, “para ejecutar las actividades mineras se requieren, de manera obligatoria, actos administrativos motivados y favorables otorgados previamente por las siguientes instituciones dentro del ámbito de sus respectivas competencias:” “a) Del Ministerio del Ambiente, la respectiva licencia ambiental debidamente otorgada (...).”

8. PREGUNTA CIENTÍFICA

¿La evaluación del nivel de material particulado PM 10, PM 2.5, ruido y vibración en la empresa Ecuapet S.C.C. de la parroquia Mulaló permitirá identificar la existencia de contaminación de la atmósfera en el área de estudio?

La evaluación de material particulado PM10 y PM2.5, ruido y vibración en la empresa Ecuapet S.C.C., desarrollada a través de monitoreos en periodos establecidos en la metodología seleccionada y mediante la normativa del Acuerdo Ministerial 097-A de la Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (2015), se calculó el índice de ruido continuo equivalente corregido evidenciándose que existe contaminación de ruido en el punto cuatro (P4) que corresponde al área de carga con un valor de 82.49 dB y el punto cinco

(P5) el área de remoción de tierras con 79.5 dB; dichos valores se hallaron en los horarios más comerciales de la mina a partir de las 10h30 a 15h00, asociándose también al hecho de que las maquinarias generan vibraciones en el suelo en el cual ocasionan un desplazamiento de hasta 0.20 mm, a una velocidad de onda de hasta 2.50 mm/s y una aceleración que llega hasta 1.03 m/s². En cuanto a material particulado PM10 y PM2.5 los datos registrados no sobrepasan los límites máximos establecidos en la normativa ecuatoriana ambiental. La actividad de remoción de tierras y la carga del material chasqui son las que generan contaminación de ruido para lo se plantea como medida de mitigación establecer una zona de parqueo para la espera de la adquisición de la materia prima y de esta manera evitar la concentración de ruido en las dos áreas mencionadas. Sin embargo, se considera contaminación a toda actividad que causa alteración a las condiciones naturales del entorno en el que se desarrollen.

9. METODOLOGÍA

9.1. Tipos de investigación

Se empleó la investigación cualitativa mediante la cual se determinó las concentraciones de material particulado en el aire, ruido residual/específico y vibración que se encontró dentro de la concesión minera Caspi Churopinto de la empresa Ecuapet S.C.C., establecidos en diferentes puntos de muestreo. Con los datos obtenidos por el método en mención permitió hallar los puntos en donde se encuentra con mayor concentración de material particulado con los picos más altos por horas; de la misma forma, aplicando la integral de nivel de presión sonora que se realizó un promedio ponderado.

9.1.1. Investigación bibliográfica

A través de este tipo de investigación se recopiló información bibliográfica que ayudó en el desarrollo del presente proyecto de investigación, para lo cual se empleó fuentes accesibles en la red como libros digitales, artículos científicos y revistas científicas. La información recopilada permitió el sustento para la fundamentación científico-técnica de conceptos y definiciones, a su vez ayudó a aclarar los conocimientos previos de la temática.

9.1.2. Investigación de campo

Esta investigación consintió en la observación directa de fenómenos físicos contaminantes de la atmosfera generados por las diferentes actividades mineras, así mismo permitió el monitoreo para determinar la concentración de material particulado (Pm 10 y Pm 2.5), el nivel de ruido ambiental, el nivel de vibraciones en puntos específicos de la concesión minera Caspi Churopinto de la empresa Ecuapet S.C.C., empleando el equipo EBAM, un sonómetro integrador tipo II y un vibrómetro, siguiendo los lineamientos que establece la norma ambiental vigente para la determinación de los puntos de monitoreo y metodología de muestreo.

9.2. Métodos

9.2.1. Método descriptivo

Para evaluar el nivel del ruido ambiental en la empresa minera Ecuapet S.C.C. se inició por establecer la línea base de ruido ambiental y línea base de vibración, la cual partió la identificación de la zona de estudio, la caracterización de las fuentes emisoras de ruido interno y vibración, el desarrollo de una entrevista semiestructura al administrador de la mina para recopilar información sobre horarios, días de mayor emisión de ruido y sus efectos. Posterior, basados en la metodología para la medición de fuentes fijas y móviles de ruido establecida en el Acuerdo Ministerial 097-A (2015), se procedió al monitoreo de material particulado, ruido ambiental y vibración, empleando el equipo E-BAM, un sonómetro y un vibrómetro. Para el análisis de los resultados obtenidos y su comparación con los valores límites permisibles estipulados en la norma antes mencionada, se utilizó la herramienta de Excel. Finalmente, para la representación de las concentraciones de material particulado PM10 y PM2.5 y niveles de ruido se empleó el programa de información geográfica ArcGis, generando mapas de áreas críticas para las cuales se establecieron medidas de mitigación.

9.2.2. Método comparativo

Con los datos resultantes de material particulado, ruido y vibración se comparó con los valores máximos establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 5., los límites permisibles en la norma ambiental vigente para cada parámetro monitoreado.

9.3. Técnicas

9.3.1. Observación directa

La técnica en mención se empleó durante el desarrollo de la fase de campo de la investigación, para el establecimiento de la línea base, que parte desde la identificación al área de estudio, la descripción de las fuentes emisoras de material particulado, ruido y vibraciones dentro de la concesión minera Caspi Churpinto.

9.3.2. Entrevista

Se realizó una entrevista semiestructurada orientada a obtener información sobre la operatividad del proyecto minero, tal como: el número de trabajadores, número de volquetas que ingresan a las facilidades, maquinarias y horario de trabajo, entre otras. Los cuales facilitaron la determinación de las áreas más críticas y determinar los puntos de muestreo.

9.3.3. Recolección de datos

Los datos que obtuvo el equipo E-BAM fue mediante el sistema de información data logger de diez canales, el cual almacena los parámetros y mediciones de concentración de material particulado, horario, errores y valores de flujo. Para la recolección de datos se contó con una ficha de monitoreo de ruido en donde se registró los puntos de medición, coordenadas, fecha, el ruido específico y ruido residual para dBA y dBC. Para las anotaciones de datos de vibración se empleó una ficha de registro en donde se anotó los datos de aceleración, desplazamiento y velocidad.

9.3.4. Análisis de datos

Los datos de monitoreo de material particulado, ruido y vibración obtenidos, fueron procesados en función a los criterios establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A de la Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (2015).

9.4. Instrumentos

- Libreta de campo
- Hojas de registros
- Grabación de la entrevista
- Computadora
- GPS

9.5. Equipos

Para el monitoreo de material particulado, ruido ambiental y vibraciones en la concesión minera Caspi Churopinto de la empresa Ecuapet S.C.C., se solicitó mediante oficio, la prestación de los equipos E-BAM y sonómetro al director de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Técnica de Cotopaxi, mismo que tuvo una respuesta favorable (Ver Anexo 1), así mismo el vibrómetro se adquirió de manera externa, por tanto, los equipos de monitoreo utilizados contienen los siguientes componentes:

9.5.1. Componentes del E-BAM

E-BAM modelo 98000 bajo el certificado de registro número NR-1124-D-102-E, es un monitor portátil de aire atmosférico basado en el principio de la absorción/atenuación beta (Ver Anexo 2).

- a) Gabinete del E-BAM que contiene el tubo de entrada, tarjeta electrónica, placa de calibración de Cero, bomba de succión para corriente alterna (AC Pump Box) modelo EX-125/EX-126 y rollo de cinta de papel filtro
- b) Trípode de acero inoxidable de 1.50 m
- c) Cabezal Pm10 y tubo adaptador corto
- d) Ciclón corte preciso Pm 2.5 SCC
- e) Módulo de poder hermético AC modelo EX121, con entrada de 110 VCA y salida de 11-16 VDC a 4 Amperios continuos
- f) Sensor de temperatura ambiente S/N: X20954
- g) Brazo cruzado de soporte

- h) Cable de poder, cable de comunicación serial de datos con adaptador serial-USB y acople de 20 cm
- i) Software COMET
- j) Manual de operación del E-BAM

9.5.2. Componentes del sonómetro

Sonómetro integrador marca Delta OHM modelo HD 2010 UC/A (Ver Anexo 3)

- a) Calibrador HD9102 clase 2 para nivel sonoro en el intervalo 94dB y 124dB de norma IEC 60942-1988 que cumple con la norma ANSI S1.40-1984
- b) Pantalla antiviento para micrófono de ½”
- c) Micrófono de condensador pre-polarizado con un diámetro estándar igual a media pulgada.
- d) Trípode modelo VTRAP de altura máxima de 1550 mm

9.5.3. Componentes del vibrómetro

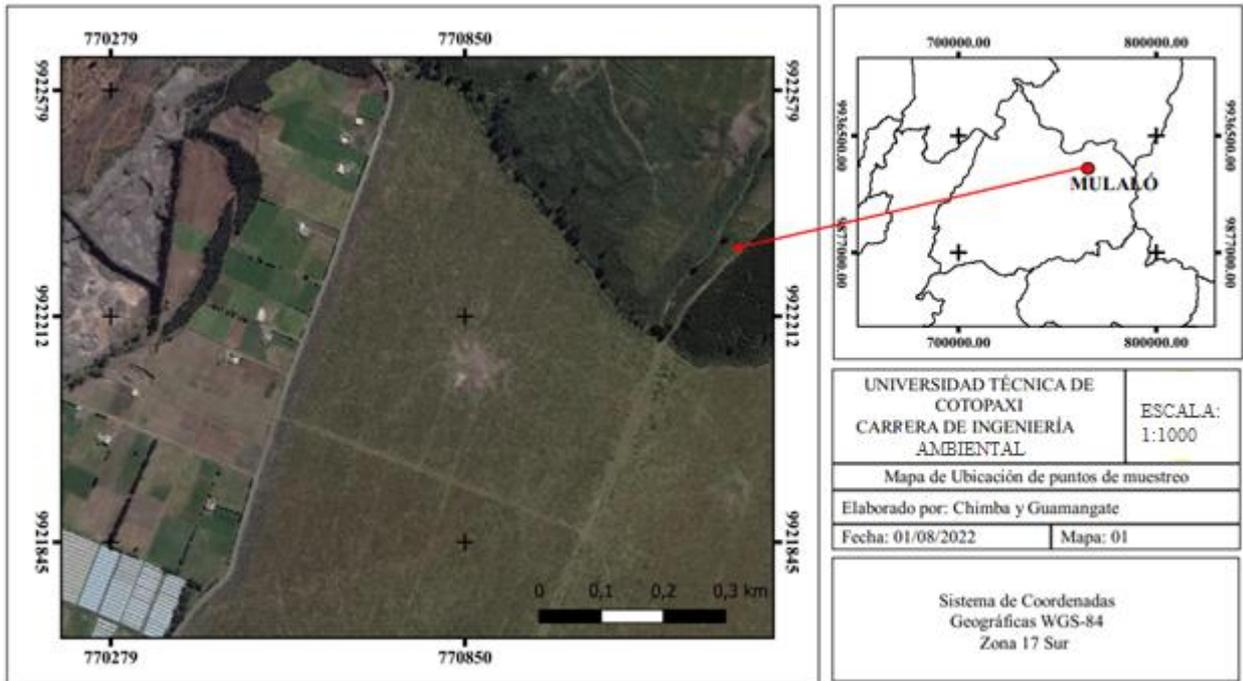
Vibrómetro BENETECH modelo GM63A (Ver Anexo 4)

- a) Pastilla de vibración de punta redondeada
- b) Acelerómetro cerámico piezoeléctrico tipo cizalla

9.6. Ubicación del área de estudio

La concesión minera Caspi Churopinto de la empresa Ecuapet S.C.C. se encuentra ubicada en la parroquia Mulaló, perteneciente al cantón Latacunga. Está en un piso altitudinal sobre los 3180 m.s.n.m., el cual consta de 299 Ha mineras contiguas que están dentro de la zona geográfica 17 S y sus coordenadas UTM referenciadas a WGS 84-17S. El área de explotación actual está dentro de los Barrios Churopinto Santa Catalina, Barrio Colcas y Barrio el Caspi. El sector se encuentra al noroccidente de la parroquia Mulaló, cercano al Parque Nacional Cotopaxi.

Figura 1. Mapa de ubicación de la empresa Ecuapet S.C.C.



Nota: Mapa satelital de Google Earth Pro del área de estudio

9.7. Procedimiento y metodología de monitoreo

Para el monitoreo de material particulado (PM10 y PM2.5), ruido y vibraciones, generados por las actividades generales de la concesión minera Caspi - Churopinto, se consideró la antropización del lugar para establecer los puntos de muestreo de acuerdo a los frentes de extracción, y se considerará los posibles receptores en el área de influencia estudiada.

9.7.1. Caracterización de las fuentes emisoras

La empresa minera realiza la explotación de pumita (chasqui) para su comercialización como materia prima de la construcción, razón por la cual existe afluencia de vehículos pesados en las facilidades de la mina que consta del área de control de ingreso, área de pago y parqueadero, área de carga y área de encarpe. Para este proceso se realizó la cuantificación de vehículos pesados que circulan dentro de los frentes de extracción, en función del horario de atención (08:00 am – 16:00 pm) de lunes a viernes, sábado de 08:00 am – 13:00 pm. El día domingo no laboran en la mina, sin embargo, para dicho día se consideró para el monitoreo de material particulado debido a que el equipo debe medir las 24h00 continuas y no se consideró para el monitoreo de ruido y vibraciones puesto que es necesario la presencia de las fuentes emisoras de ruido para la toma de datos de estas variables. Durante los días de monitoreo de la concesión

minera despachó 4010 m³ de chasqui en los diferentes tipos de vehículos que se detallan a continuación:

- a) Camión
- b) Camión bajo
- c) Camión GH
- d) Camión JACK
- e) Camión FM
- f) Camión contenedor
- g) Camión GD
- h) Volqueta
- i) Volqueta scania
- j) Volqueta mula
- k) Volqueta GH
- l) Volqueta Ford
- m) Volqueta Mark
- n) Volqueta HINO
- o) Volqueta FM
- p) Volqueta FS
- q) Volqueta ISUZU
- r) Tráiler bañera
- s) Caravana
- t) Tractor tipo oruga
- u) Cargadora frontal

9.7.2. Protocolo para medición de material particulado

La información que se presenta a continuación fue tomada del manual de operación E-BAM, modelo 9800 de Met One Instruments, Inc. El sitio óptimo para realizar el monitoreo del aire atmosférico fue un lugar donde el E-BAM se encontraba cerca de la zona de respiración (breathing zone) de las personas considerando los rangos de altura, la toma de aire de entrada del E-BAM se ubicó entre 2-15 metros sobre el nivel del suelo. Cabe mencionar que como lo indica el manual del equipo, las mediciones de las concentraciones de material particulado usan una técnica precisa de medición llamada Atenuación Beta. La operación del E-BAM consistió en que el equipo avanza la cinta de filtro a una zona (spot) limpia, una vez que el extremo del

tubo (Nozzle) es descendido sobre el filtro del E-BAM, mide la masa de la zona del filtro mediante un conteo de 10 min este valor de conteo es simplemente cuantas partículas Beta emitidas por la fuente de carbono catorce pasan a través del filtro y son contadas/medidas por el Tubo Fotomultiplicador, cabe mencionar de acuerdo a los requerimientos de nuestra investigación se estableció la toma de muestras cada 10 minutos y durante 24 horas continuas tanto para PM10 y PM2.5 en los diferentes puntos de monitoreo, según lo establece la Normativa Ambiental Vigente Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (2015), y lo establecido en el manual del equipo E-BAM, el material particulado en suspensión fue medido en un proceso de tres etapas; el primer paso es tomar un conteo inicial en papel filtro limpio, el segundo paso es el aire cargado de partículas es pasado a través del papel donde son depositadas las partículas y finalmente ocurre un segundo conteo que es tomado a través del papel filtro con las partículas depositadas.

a) Límites máximos permisibles de material particulado en el aire ambiente

Según el Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (2015), en cuanto material particulado menor a 10 micrones (PM10), menciona que el promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Para material particulado menor a 2,5 micrones (PM2,5), establece que el promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabla 3. Concentraciones de contaminantes en la calidad del aire

Contaminante y periodo de tiempo	Alerta	Alarma	Emergencia
Material particulado PM10 Concentración en veinticuatro horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	250	400	500
Material Particulado PM2.5 Concentración en veinticuatro horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	150	250	350

Fuente: (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

b) Determinación de los puntos de monitoreo de material particulado

Para determinar los puntos de monitoreo se tomó en cuenta lo siguiente:

- a) Delimitación del área de estudio.
- b) Área de control de ingreso
- c) Área de pago y parqueadero
- d) Área de carga

Tabla 4. *Puntos de muestreo*

	Áreas de la mina	Coordenadas	
		X	Y
P1	Área de control de ingreso y salida	770582.92	9922023.26
P2	Área de carga (punto de extracción)	770695	9922251
P3	Área de pago y parqueadero	770628.36	9922063.89

c) Horarios de monitoreo de material particulado

El monitoreo de material particulado (PM10 Y PM2.5) se realizó cuando se encontró normalmente operando la mina.

Tabla 5. *Horarios de monitoreo*

Puntos	Inicio PM10	Fin PM10	Inicio PM2.5	Fin PM2.5
P1	05/07/2022	06/07/2022	08/07/2022	09/07/2022
	15h30	15h30	16h00	16h00
P2	06/07/2022	07/07/2022	09/07/2022	10/07/2022
	15h40	15h40	16h10	16h10
P3	07/07/2022	08/07/2022	10/07/2022	11/07/2022
	15h50	15h50	16h20	16h20

d) Criterios de ubicación del E-BAM

- El equipo E-BAM fue ubicado cerca de la zona de respiración de las personas.
- El E-BAM fue instalado en ciertos puntos en superficie de pasto y las que no contaba con dichas características se colocó un plástico de 3m x 3m, para minimizar el impacto del arrastre del polvo. Además, se ubicó a 2 metros de distancia como mínimo de separación de los árboles y a menos de 20 metros desde la línea de goteo de los árboles.

- El equipo E-BAM se colocó cerca de una vía de acceso hacia el interior de la mina que tenía menor tráfico, se ubicó a una distancia mayor de 5 metros del límite de la vía de tráfico más cercana.
- El equipo E-BAM se ubicó en un lugar donde no existía mucha cobertura vegetal.
- Después de ser armado e instalado el equipo E-BAM a una altura de 3 metros.

e) Instalación y Armado del Equipo E-BAM

Existen siete pasos básicos para armar el E-BAM.

1. Armado del trípode.
2. Asegurar el trípode.
3. Levantar el gabinete del E-BAM con el tubo de entrada orientado hacia arriba.
4. Remover el tapón de plástico negro desde el tubo de entrada y colocar el tubo Adaptador corto de aluminio.
5. Tomar el cabezal de muestreo MP10 y colocarlo sobre el Tubo Adaptador corto.
6. Instalar el brazo de soporte en el tubo y enganchar el sensor de temperatura y conectar el conector del cable de señal de 5 pines a la entrada ubicada en la parte de abajo del gabinete.
7. Encender la máquina e iniciara la operación para empezar el muestreo.

f) Diseño no experimental

En el presente estudio se basó fundamentalmente en la medición de la concentración de material particulado suspendido en el ambiente de los puntos críticos de la mina. Para el monitoreo se utilizó el equipo E-BAM, los resultados fueron almacenados en una base de datos, los cuales fueron descargados en un archivo en formato CSV. En este caso los datos tomados cada 10 min se procesó en el programa Excel empleando la fórmula estadística para determinar el promedio por hora de la concentración de material particulado (Véase Ecuación 1).

Ecuación 1

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N}$$

Donde:**X**= Media Aritmética Σ = Sumatoria**Xi** = Datos obtenidos**N** = Número de datos totales de la muestra**9.7.3. Protocolo para medición de ruido**

La metodología utilizada en el presente estudio se basa en los lineamientos establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A del Ministerio del Ambiente, Reforma al libro IX del TULSMA, Anexo 5. Niveles máximos de emisión de ruido y metodología de medición para fuentes fijas y fuentes móviles de ruido (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

a) Límites máximos permisibles de emisión de ruido

Según el Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) (2015), en cuanto a los niveles máximos de emisión de ruido para FFR (véase Tabla 6).

Tabla 6. *LMP de emisión de ruido para FFR*

Niveles máximos de emisión de ruido para FFR		
Uso de suelo	LKeq (dB)	
	Periodo Diurno 07:01 hasta 21:00 horas	Periodo Nocturno 21:01 hasta 07:00 horas
Industrial (ID3/ID4)	70	65

Fuente: (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

b) Determinación de los puntos de monitoreo

Para determinar los puntos de monitoreo se tomó en cuenta lo siguiente:

- **Ruido específico**

- a) Delimitación del área de estudio.
- b) Puntos críticos de afectación (PCA) determinados en la línea base de ruido ambiental Acuerdo Ministerial 097-A (2015).
- c) La norma ambiental vigente no establece un límite de puntos de monitoreo, sin embargo, recomienda muestrear en aquellos puntos críticos de afectación (PCA) cercanos a la FFR, y considerando los NPS más altos emitidos en su perímetro exterior Acuerdo Ministerial 097-A (2015).
- d) Con ese antecedente, la determinación de los puntos de monitoreo se distribuyó de acuerdo a los frentes de extracción donde los puntos de monitoreo son los PCA cercanos a la FFR.

- **Ruido residual en el momento de la medición**

- a) Las mediciones para el ruido residual se consideró el método en el cual se reportaron 5 muestras de 15 segundos en cada punto, como lo establece el Acuerdo Ministerial 097-A (2015).
- b) Se midió el ruido residual de tal manera que este influya mínimamente en el ruido total, direccionando el micrófono del sonómetro en sentido contrario a la fuente fija de ruido en el momento de la medición del ruido.

Tabla 7. *Puntos de monitoreo de ruido*

Puntos	Áreas de la mina	Coordenadas	
		X	Y
P1	En las afueras de la mina	770618.80	9922263.26
P2	Control de ingreso y salida	770582.92	9922023.26
P3	Área de encarpe	770645	9922038
P4	Área de carga	770695	9922251
P5	Área de remoción de tierras	770735	9922257

c) Criterios para el punto de medición

Para el punto de medición se consideró lo siguiente:

- El o los puntos críticos de afectación (PCA).
- Lugares donde el ruido específico es más alto, por fuera de los límites físicos, linderos o líneas de fábrica de la FFR.
- Al menos, 3 metros de distancia de superficies reflectantes del ruido.

d) Horarios de monitoreo del ruido específico y residual

El monitoreo de ruido específico se realizó cuando la FFR se encontró normalmente funcionando y en los horarios de operación de la concesión minera.

Tabla 8. *Horario de monitoreo*

	Fecha	Hora
	05/07/2022	12h00 – 16h00
Ruido específico y	06/07/2022	08h00 – 12h00
Ruido residual	07/07/2022	12h00 – 16h00
	08/07/2022	08h00 – 12h00
	09/07/2022	12h00 – 16h00

e) Método de monitoreo

Se utilizó el método Leq 15s, en este método se toman y reportan un mínimo de 5 muestras de 15 segundos cada una, para cada punto de monitoreo determinado.

f) Plan de línea base de ruido y monitoreo ambiental

Se elaboró y siguió los siguientes cronogramas de actividades contenidos en las tablas 4 y 5, para establecer la línea base de ruido y el desarrollo del monitoreo ambiental respectivamente. Con el objetivo garantizar una buena planificación y organización durante el desarrollo del proyecto de investigación en cuanto a fechas y horarios.

Tabla 9. *Plan de línea base de ruido ambiental*

Línea base de ruido ambiental				
1. Recorrido del área de estudio				
Fecha	Ubicación	Día	Horario	Duración
Del 13-07/06/2022	Ecuapet S.C.C.	Martes	10h00–15h00	5 horas
2. Ejecución de la entrevista				
Fecha	Ubicación	Día	Horario	Duración
08/06/2022	Oficina administrativa de la mina	Miércoles	10h00 – 11h00	1 hora
3. Conteo de vehículos				
Fecha	Ubicación	Día	Horario	Duración
05/07/2022	Área interna de la mina	Martes	08h00 – 16h00	1 día
06/07/2022	Área interna de la mina	Miércoles	08h00 – 16h00	1 día
07/07/2022	Área interna de la mina	Jueves	08h00 – 16h00	1 día
08/07/2022	Área interna de la mina	Viernes	08h00 – 16h00	1 día
09/07/2022	Área interna de la mina	Lunes	08h00 – 16h00	1 día

Tabla 10. *Plan de monitoreo ambiental de ruido*

	Ubicación	Fecha	Hora	Duración
Ruido específico y Ruido residual	Áreas internas de la mina	05/07/2022	12h00 – 16h00	5 días
		06/07/2022	08h00 – 12h00	
		07/07/2022	12h00 – 16h00	
		08/07/2022	08h00 – 12h00	
		09/07/2022	08h00 – 12h00	

g) Diseño no experimental

La presente investigación corresponde al tipo no experimental, porque se observó el fenómeno o acontecimiento, en este caso, al ruido ambiental en su contexto natural, se evaluó el nivel de ruido ambiental y su influencia en la calidad acústica de la población en general, por tanto, no modificó ni manipuló ninguna variable que pudiera alterar los resultados. Para validar la serie de muestras obtenidas se aplicó una resta entre los extremos de la serie y la norma establece que, esta será válida siempre y cuando el resultado sea menor o igual a 4dBA. Se utilizó el protocolo de monitoreo establecido en el Anexo 5. Niveles máximos de emisión de ruido y

metodología de medición para fuentes fijas y fuentes móviles de ruido, del Acuerdo Ministerial 097-A, correspondiente al flujo 02. Ruido específico sin características impulsivas y con contenido energético alto en frecuencias bajas (véase el Anexo 5), en el cual se puede observar el método para calcular el L_{keq} para este caso.

Una vez obtenido los datos del monitoreo de ruido se procedió a emplear las fórmulas correspondientes al flujo 2, así mismo como consiguiente para la corrección por baja frecuencia se empleó la Tabla 11.

Tabla 11. Componentes de baja frecuencia

Corrección	
($L_{Ce} - L_e$) (dB)	Corrección por baja frecuencia
Menor a 10	0
Entre 10 y 15	+3 dB(A)
Mayor a 15	+6 dB(A)

Fuente: (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

- **Nivel de presión sonora continua ponderación específica**

Ecuación 2

$$\triangleright L_{eqA} = 10 \log \left[\frac{1}{T} (5 * 10^{Leqn/10}) \right]$$

En donde:

L_{eqA} =Nivel de presión sonora Específico

T = Temporal de tiempo en segundos.

L_{eq} = Ponderaciones

n = Todas las ponderaciones de ruidos específicos

- **Nivel de presión sonora continua ponderación residual**

Ecuación 3

$$\triangleright L_{eqC} = 10 \log \left[\frac{1}{T} (5 * 10^{Leqn/10}) \right]$$

En donde:

L_{eqC} =Nivel de presión sonora residual

T = Temporal de tiempo en segundos.

L_{eq} = Ponderaciones

n = Todas las ponderaciones de ruidos residual

- **Corrección por ruido residual por LAeq**

Ecuación 4

$$\triangleright Kr = -10 \log (1 - 10^{\Delta L/10})$$

En donde:

Kr: Corrección por ruido residual

ΔL : Diferencia del nivel de ruido específico

- **Corrección por ruido residual ponderado C de L_{Ceq}**

Ecuación 5

$$\triangleright Krc = -10 \log (1 - 10^{\Delta LKrc/10})$$

En donde:

Krc= Corrección por ruido residual en L_{Ceq}

$\Delta LKrc$ = Diferencia del nivel de ruido residual

- **Diferencia de nivel de ruido específico**

Ecuación 6

$$\triangleright \Delta L = LAeqtp - LAeqrp$$

En donde:

ΔL = Diferencia de nivel de ruido específico

LAeqtp=Ruido total promedio

LAeqrp =Ruido residual promedio

- **Diferencia de nivel de ruido residual**

Ecuación 7

$$\triangleright \Delta LKrc = LCeqtp - LCeqrp$$

En donde:

ΔL = Diferencia de nivel de ruido específico

LCeqtp=Ruido total promedio

LCeqrp =Ruido residual promedio

- **Nivel de ruido específico**

Ecuación 8

$$\triangleright Le = LAeqtp - Kr$$

En donde:

Le = Diferencia de nivel de ruido específico

$LAeqtp$ = Ruido total promedio

Kr = Corrección por ruido residual promedio de LAeq

- **Nivel de ruido específico, ponderado C**

Ecuación 9

$$\triangleright LCe = LCeqtp - Krc$$

En donde:

LCe = Diferencia de nivel de ruido específico en C.

$LCeqtp$ = Ruido total promedio en C.

Krc = Corrección por ruido residual promedio de Lceq

- **Corrección en decibelios para el ruido específico**

Ecuación 10

$$\triangleright Kbf = LCe - Le$$

En donde:

Kbf = Corrección del ruido específico.

LCe = Nivel de ruido específico ponderación C.

Le = Nivel de ruido específico.

- **Índice de ruido continuo equivalente corregido**

Ecuación 11

$$\text{➤ } LK_{eq} = L_e + K_{bf}$$

En donde:

LK_{eq} = Índice de ruido continuo equivalente corregido

L_e = Nivel de ruido específico

K_{bf} = Corrección del ruido específico.

9.7.4. Protocolo para medición de vibraciones

Para el monitoreo de vibraciones en el artículo 5 del Acuerdo Ministerial No. 097 A en su registro oficial N° 387- miércoles 4 de noviembre del 2015 para los Niveles máximos de emisión de vibraciones y metodología de medición, expresa lo siguiente: La presente norma regula la protección del medio ambiente contra las perturbaciones por vibraciones. Los resultados de vibraciones no se compararon con la normativa debido a que no existen voladuras en la mina y tampoco hay edificaciones dentro de ella, los resultados fueron analizados para la complementación de la emisión de ruido existente en el área minera.

a) Métodos de medición de vibraciones

El instrumento vibrómetro se empleó para la medición de las vibraciones se emplearon instrumentos de medida que cumplan las exigencias establecidas en la norma UNE-EN ISO 8041:2006. “Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida”.

- Los equipos para la medición de vibraciones se compondrán de los siguientes elementos:
- Analizador de Vibraciones.
- Acelerómetro triaxial con sensibilidad para vibraciones en edificios.
- Calibrador de Vibraciones.

b) Procedimientos para la medición

El procedimiento de medición in situ utilizado para la evaluación del índice de vibración Law considerará lo siguiente: El criterio de valoración estaba comprendido entre 1 y 80 Hz, en bandas de 1/3 de octava y aplicando la ponderación W_m correspondiente (ISO 2631-2:2003).

Previamente a la realización de las mediciones es preciso identificar los posibles focos de vibración, las direcciones dominantes y sus características temporales.

- a) El acelerómetro se colocó de forma que la unión con la superficie de vibración esté lo más rígida posible.
- b) En el caso de vibraciones generadas por actividades, es necesario diferenciar entre vibraciones de tipo estacionario y transitorio, de manera previa a su medición:
- c) Vibraciones estacionarias: En el transcurso del régimen de funcionamiento más desfavorable, se deberá realizar cada medición durante al menos un minuto.
- d) El procedimiento descrito en el punto anterior se repetirá, por un mínimo de tres veces.
- e) El vibrómetro se debe tener presionado durante 5 segundos
- f) Las mediciones se realizaron de 1 a 3 m de distancia de los equipos.

c) Plan de línea base de vibraciones y monitoreo ambiental

Se elaboró y siguió los siguientes cronogramas de actividades contenidos en las tablas 4 y 5, para establecer la línea base de vibraciones y el desarrollo del monitoreo ambiental respectivamente. Con el objetivo garantizar una buena planificación y organización durante el desarrollo del proyecto de investigación en cuanto a fechas y horarios.

Tabla 12. *Plan de línea base de vibraciones*

Ubicación:		Frente de extracción
Duración:		Cinco días
Fecha	Repeticiones	Parámetros
05/07/2022	3R	Aceleración (m/s ²)
		Velocidad (mm/s)
		Desplazamiento (mm)
06/07/2022	3R	Aceleración (m/s ²)
		Velocidad (mm/s)
		Desplazamiento (mm)
07/07/2022	3R	Aceleración (m/s ²)
		Velocidad (mm/s)
		Desplazamiento (mm)

08/07/2022	3R	Aceleración (m/s ²)
		Velocidad (mm/s)
		Desplazamiento (mm)
11/07/2022	3R	Aceleración (m/s ²)
		Velocidad (mm/s)
		Desplazamiento (mm)

Tabla 13. *Plan de monitoreo ambiental de vibraciones*

	Ubicación	Fecha	Hora	Duración
Vibraciones	Frentes de extracción de la mina	05/07/2022	15h00 – 16h00	5 días
		06/07/2022	11h00 – 12h00	
		07/07/2022	15h00 – 16h00	
		08/07/2022	11h00 – 12h00	
		09/07/2022	12h00 – 13h00	

9.7.5. Metodología para la elaboración de cartografía

La metodología a emplear para el análisis espacial de resultados de PM 10, Pm 2.5, ruido y vibración, fue mediante la creación de cartografías, empleando el software ArGis, para lo cual se emplearon mapas base así mismo se cargaron los shapefile de puntos de los monitoreos que se realizaron para cada parámetro y finalmente se realizó los cortes correspondientes de las capas para dar una mejor presentación de los mapas.

10. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

10.1. Caracterización biofísica del área de estudio

10.1.1. Temperatura

De acuerdo al anuario anual del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2017), de toda la red de estación meteorológica ubicadas estratégicamente, la más cercana a la concesión minera Caspi Churopinto es la estación Cotopaxi – Clirsen – Iee de código M0120, establece una temperatura media de 8.3 °C, con temperaturas máximas y mínimas promedio de 9.7 °C y 6.3 °C, respectivamente.

10.1.2. Humedad relativa

Según los datos anuales del INAMHI (2017), el área de interés presenta un 96% de humedad relativa promedio, está definido por la relación existente entre la tensión de vapor actual y la tensión de vapor saturada a una determinada temperatura de aquellos meses. Analizando los datos, se observa que de los meses enero, febrero, marzo, mayo, agosto y noviembre son los meses con mayor humedad con un 99%, mientras que en el mes de diciembre se registró un 84% de humedad.

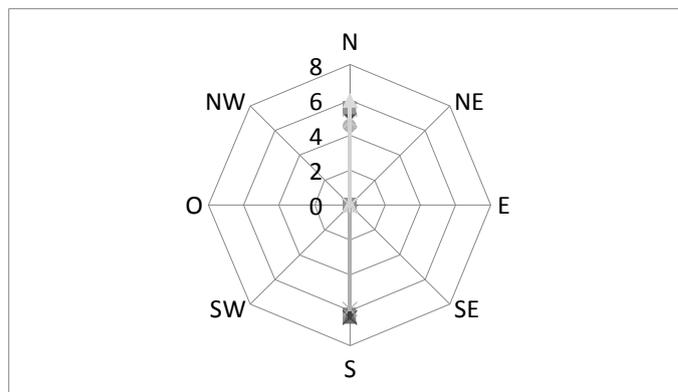
10.1.3. Nubosidad

Revisando los datos del INAMHI (2017), se establece que en la zona de estudio la nubosidad es media –alta durante todo el año, con un promedio de 6 octas, teniendo en cuenta que 8 octas es un cielo totalmente nublado. La estación Cotopaxi - Clirsen presenta una nubosidad promedio entre 6 y 7 durante todos los meses del año; en los cuales los meses de septiembre, noviembre y diciembre presentan una nubosidad mínima de 5 octas.

10.1.4. Dirección del viento

De acuerdo a la recopilación de datos meteorológicos, se observa que el viento predomina en dirección Norte y Sur en el período 2000-2014, en función de la información brindada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2017). A continuación, se presenta la dirección mediante una rosa de vientos.

Figura 2. Distribución de la dirección del viento, estación Cotopaxi-Clirsen



Fuente: (INAMHI, 2017)

10.1.5. Velocidad del viento

La estación Cotopaxi-Clirsen revela que el movimiento del aire con respecto a la superficie de la tierra en una dirección y velocidad determinada, se ha visto reflejado en un promedio anual de 5.79 m/s. La velocidad media del viento registrado, demuestra un comportamiento constante a lo largo del tiempo analizado entre 2000 a 2014. (INAMHI, 2017)

10.1.6. Precipitación

De acuerdo a los datos registrados en el INAMHI (2017), el mes con mayor precipitación registrada es diciembre, con precipitaciones de 268.5 mm, mientras que agosto presenta una cantidad mínima de precipitación de solo 6.2 mm en el período analizado 2000-2014, correspondiente a la Estación Meteorológica Cotopaxi-Clirsen.

10.1.7. Geología regional

De acuerdo al Mapa Geológico Nacional de la República del Ecuador, 1982, escala 1:1'000,000 tomada del Instituto de Investigación Geológico y Energético (1982), el área minera se enmarca en la parte central de la sierra ecuatoriana en el valle interandino, conformada por depresiones geomorfológicamente alargada, se encuentra en su mayoría cubierto por material volcánico sedimentario pliocuaternario, proveniente de las erupciones de los volcanes que se delinean tanto en la Cordillera Occidental como en la Cordillera Real. Este valle está conformado por elevaciones que oscilan entre 3180 y 3220 msnm., regionalmente las formaciones geológicas que dominan el área minera son el volcánico Cotopaxi.

10.1.8. Geología local

La geología local que comprende el área minera consta de un estrato superior (capa orgánica) que varía entre 10 a 20 centímetros y una capa subyacente de 80 centímetros de granulometría, la cual se encuentra en una matriz débil de polvo puzolánico blanco gris (véase Anexo 6).

10.1.9. Geomorfología

El área minera Caspi Churopinto, presenta un relieve topográfico variable, de pendientes suaves con inclinaciones menores a los 5° y con pendientes más pronunciadas (> 25°). Todo el sitio se encuentra morfológicamente asentado sobre superficies de aplanamiento y vertientes convexas pertenecientes a relieves interandinos de fondo de cuencas. Zona es sometida a acciones tectónicas y volcanismo andino.

10.1.10. Edafología

El Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (2017), de acuerdo al Mapa Digital, Órdenes de Suelos del Ecuador. Escala 1:4 300.000., establece que en el área de influencia directa e indirecta del proyecto se han identificado dos tipos de suelo entisol e inceptisol. Los entisoles son suelos con poca o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes pedogenéticos, dominio de material mineral primario no consolidado y aportes fluviales, además son suelos de color pardo, texturas medias, suaves para el laboreo, profundos, medianamente fértiles. Los inceptisoles son suelos minerales con superficie muy oscura, de gran espesor y rica en CO (epipedónmólico); con presencia de algunos horizontes de mayor desarrollo pedogenético; ricos en bases de alta fertilidad y son suelos con mayor grado de desarrollo que los entisoles.

10.1.11. Uso actual del suelo

Se evidencia en cuanto al uso actual del suelo, la presencia de vegetación principalmente pastos en la zona concesionada lo cual la empresa como contribución a la comunidad cercana del proyecto da acceso a sus pobladores a realizar el pastoreo de ganado bovino según el avance de los frentes de extracción. La extracción de mineral pómez o también conocida como chasqui, se encuentra al retirar el suelo orgánico hasta encontrar el material mineral, para su posterior comercialización al sector de la construcción.

10.1.12. Flora

De manera general se observa en las áreas del Proyecto, como primera referencia la presencia de barreras ecológicas de árboles de eucalipto (*Eucalyptus globulus Labill*) en todo el recorrido lineal que separa a la concesión minera de las comunidades y sus vías de acceso. En las áreas de los frentes de extracción se evidencia presencia de pasto y arbustos pequeños como chica (*Baccharis sp.*), diente de león (*Taraxacum officinale (L.) Weber*), Ñachak (*Bidens andicola Kunth*), pastos de la familia gramínea como el heno blanco (*Holcus lanatus L.*) y pinos dispersos producto del retoño (*Pinus radiata D.Don*).

10.1.13. Fauna

Dentro de la concesión minera se evidenciaron la presencia de aves, los cuales se pudieron identificar por sus colores del plumaje, canto, forma y tamaño, el quilico (*Falco sparverius*), tórtola (*Columbina passerina*), golondrina (*Streptoprocne zonaris*) y colibrí (*Colibri coruscans*). Así como la existencia de animales doméstico como las vacas (*Bos Taurus*) y perros (*Canis lupus familiaris*).

10.2. Resultados de monitoreo

Previo al monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5, ruido y vibraciones, para lo cual se identificó las fuentes emisoras de ruido permanentes dentro de la concesión minera Caspi Churopinto de la empresa Ecuapet, (véase Tabla 14), en el cual se detallar el número de vehículos de transporte pesado que ingresaron a las facilidades de la mina durante el periodo de muestreo.

Tabla 14. Fuentes emisoras de ruido dentro de la concesión

Tipo de transporte	Martes 05/07/2022	Miércoles 06/07/2022	Jueves 07/07/2022	Viernes 08/07/2022	Sábado 09/07/2022	Domingo 10/07/2022	Lunes 11/07/2022
Camión	1			1	1		1
Camión bajo	5	2	3		2		1
Camión GH			2				
Camión JACK					1		
Camión FM	3	5	1		4		8
Camión contenedor	3	1					
Camión GD	1						
Volqueta	5				2		
Volqueta scania		1	1		2		
Volqueta mula							
Volqueta GH	28	32	24	26	16		11
Volqueta Ford	4	4	1	2	2		
Volqueta Mark	1	2	1	1	1		
Volqueta HINO	1						
Volqueta FM		1	3	1	4		5
Volqueta FS		1	1				
Volqueta ISUZU		1		1			1
Tráiler bañera	2	1			1		2
Caravana	1	2			1		
Tractor tipo oruga	1	1	1	1	1		1
Cargadora frontal	1	1	1	1	1		1
TOTAL/DÍA	57	55	37	34	39	0	31

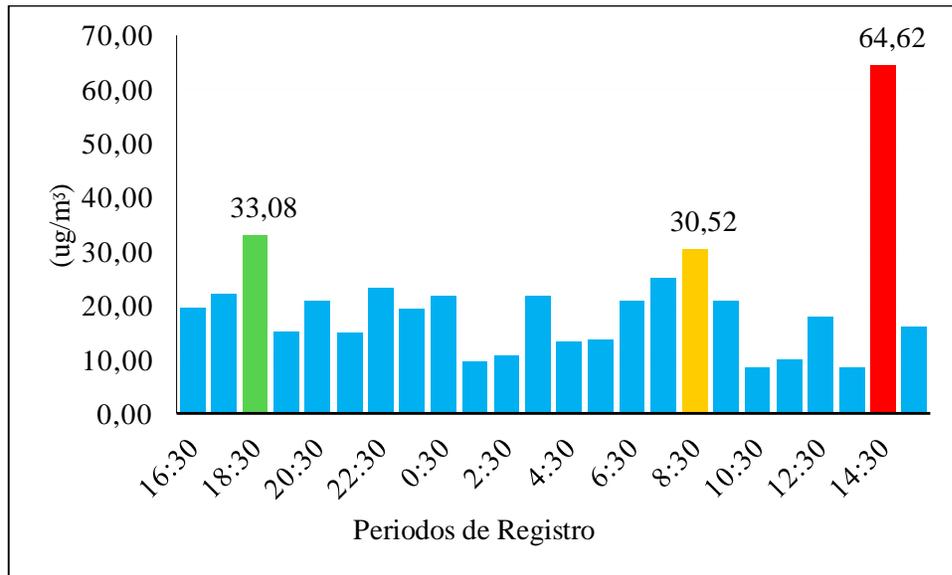
10.2.1. Monitoreo de PM10

El monitoreo de material particulado PM10, fue realizado con el equipo E-BAM 9800 previamente programado en el sistema automático de medición que utiliza la técnica precisa de medición llamada Atenuación Beta, la cual consiste en tomar datos cada 10 minutos en un periodo de 24 horas. Cabe mencionar que en los horarios nocturnos y de madrugada en la zona, está influenciado con neblina y vapor de agua, lo cual a los suelos los mantiene húmedos.

Tabla 15. Datos de material particulado PM10 en 24 horas (P1)

PM10/ Punto 1, día 1.			LMP
Nº Horas	Tiempo	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	16:30	19.60	C
2	17:30	22.05	C
3	18:30	33.08	C
4	19:30	15.13	C
5	20:30	20.92	C
6	21:30	15.05	C
7	22:30	23.23	C
8	23:30	19.47	C
9	0:30	21.70	C
10	1:30	9.55	C
11	2:30	10.83	C
12	3:30	21.82	C
13	4:30	13.40	C
14	5:30	13.67	C
15	6:30	20.80	C
16	7:30	24.99	C
17	8:30	30.52	C
18	9:30	20.93	C
19	10:30	8.57	C
20	11:30	10.03	C
21	12:30	17.92	C
22	13:30	8.50	C
23	14:30	64.62	C
24	15:30	16.17	C

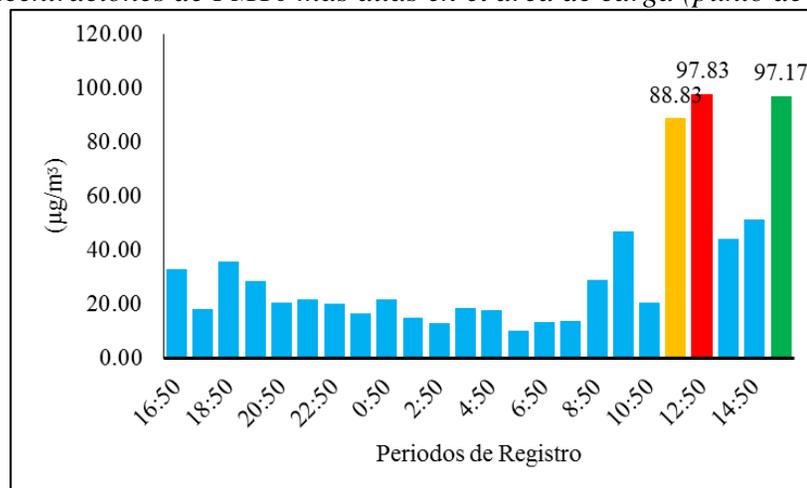
Figura 3. Concentraciones de PM10 más altas en el área de control de ingreso y salida (P1)



En figura 3 se evidencia las concentraciones registradas en el área de control de ingreso y salida, lo cual se visualiza que no excede los límites máximos permitidos (LMP) permitidos (PM10=100 ug/m³) como lo establece la normativa de calidad de aire en el Acuerdo Ministerial 097-A. Es importante mencionar que se registraron picos más altos de PM10 con un valor de 64.62 ug/m³ a las 14h30 esto debido a que se encontraba en las horas de operatividad de la mina en el cual se registró mayor afluencia de vehículos de carga; la segunda concentración más alta pero de menos proporción corresponde a las 18h30 con un valor de 33.08 ug/m³ de la cual según los registros del sensor de temperatura del E-BAM registró la Temperatura Ambiente por debajo de 12.1 °C y el viento empieza a influenciar sobre el suelo removido por los vehículos; la tercera concentración tiene un valor de 30.52 ug/m³ a las 08h30 que corresponde al horario en la cual empieza a funcionar la comercialización del chasqui.

Tabla 16. Datos de material particulado *PM10* en 24 horas (P2)

PM10/ Punto 2, día 3.			LMP
N° Horas	Tiempo	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	16:50	32.97	C
2	17:50	18.22	C
3	18:50	35.88	C
4	19:50	28.53	C
5	20:50	20.78	C
6	21:50	21.85	C
7	22:50	20.18	C
8	23:50	16.62	C
9	0:50	21.86	C
10	1:50	14.90	C
11	2:50	12.93	C
12	3:50	18.42	C
13	4:50	17.64	C
14	5:50	10.13	C
15	6:50	13.28	C
16	7:50	13.65	C
17	8:50	29.15	C
18	9:50	47.13	C
19	10:50	20.50	C
20	11:50	88.83	C
21	12:50	97.83	C
22	13:50	44.17	C
23	14:50	51.50	C
24	15:50	97.17	C

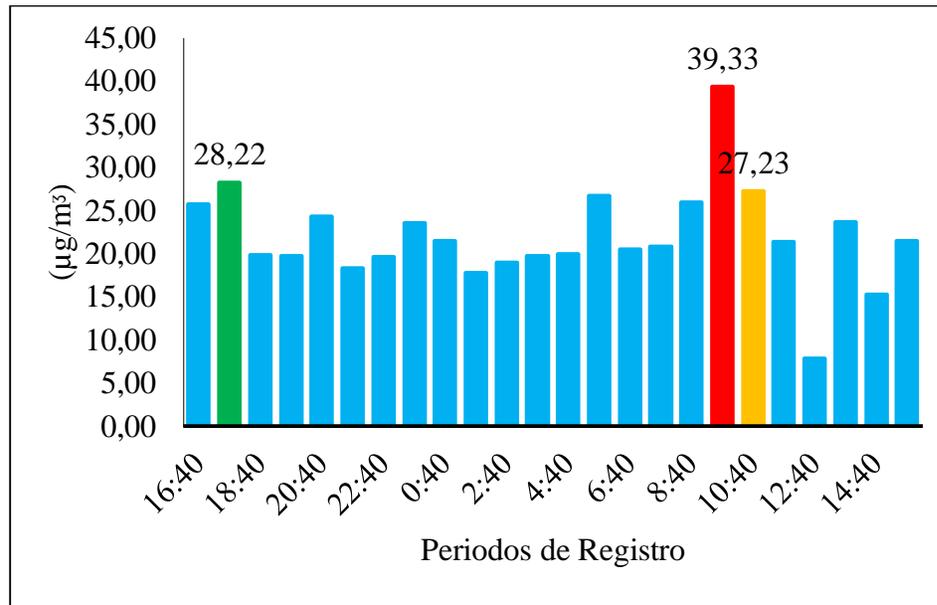
Figura 4. Concentraciones de *PM10* más altas en el área de carga (punto de extracción) (P2)

Se evidencia en la figura 4 las concentraciones registradas en el área de carga, en el cual se visualiza que no excede los LMP permitidos ($PM_{10}=100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) como lo establece la normativa de calidad de aire en el Acuerdo Ministerial 097-A. Sin embargo es importante mencionar que se registraron picos más altos de PM_{10} con un valor de $97.83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 12h50 esto debido a que se observó la acumulación de vehículos de carga, en espera de la adquisición del material; la segunda concentración más alta corresponde a las 15h50 con un valor de $97.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ este valor se vio influenciado en el número de ingreso de vehículos (véase Tabla 14); la tercera concentración tiene un valor de $88.83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 11h50 que corresponde al horario de mayor operatividad de la mina para la comercialización del chasqui. Cabe resaltar que los tres picos más altos de PM_{10} se registraron en un periodo de horas cercanas de medio día y tarde.

Tabla 17. Datos de material particulado PM_{10} en 24 horas (P3)

PM10/ Punto 3, día 2.			LMP
Nº Horas	Tiempo	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	16:40	25.78	C
2	17:40	28.22	C
3	18:40	19.88	C
4	19:40	19.78	C
5	20:40	24.33	C
6	21:40	18.30	C
7	22:40	19.60	C
8	23:40	23.60	C
9	0:40	21.52	C
10	1:40	17.83	C
11	2:40	18.98	C
12	3:40	19.75	C
13	4:40	19.95	C
14	5:40	26.77	C
15	6:40	20.50	C
16	7:40	20.83	C
17	8:40	26.00	C
18	9:40	39.33	C
19	10:40	27.23	C
20	11:40	21.40	C
21	12:40	7.92	C
22	13:40	23.63	C
23	14:40	15.27	C
24	15:40	21.48	C

Figura 5. Concentraciones de PM10 más altas en el área de pago y parqueadero (P3)



En la figura 5 se evidencia las concentraciones registradas en el área de pago y parqueadero, en el cual se observa que no excede los LMP permitidos ($PM_{10}=100 \text{ ug/m}^3$) como lo establece la normativa de calidad de aire en el Acuerdo Ministerial 097-A. Sin embargo, se registraron picos de PM_{10} con un valor de 39.33 ug/m^3 a las 09h40; la segunda concentración alta corresponde a las 17h40 con un valor de 28.22 ug/m^3 ; la tercera concentración tiene un valor de 27.23 ug/m^3 a las 10h40. Cabe mencionar que estas bajas concentraciones de PM_{10} se debieron a sus condiciones meteorológicas ya que se presentó ausencia de vientos y además el cielo presentaba nubosidad de 6 octas (parcialmente nublado).

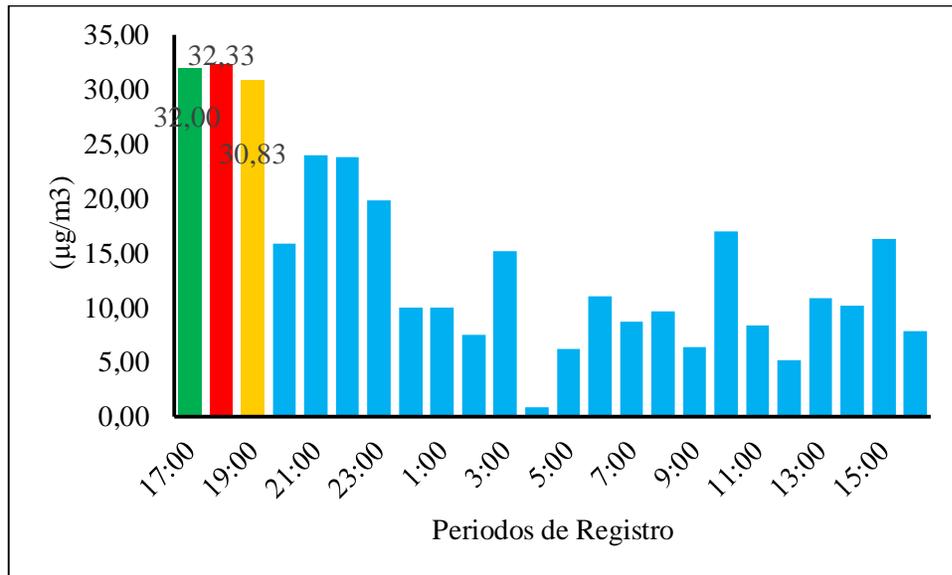
10.2.2. Material particulado $PM_{2.5}$

En cuanto al monitoreo de material particulado $PM_{2.5}$, fue realizado con el equipo E-BAM 9800 previamente programado en el sistema automático de medición que utiliza la técnica precisa de medición llamada Atenuación Beta, la cual consistió en tomar datos cada 10 minutos en un periodo de 24h. Cabe mencionar que en los horarios nocturnos y de madrugada en la zona, está influenciado por la presencia de neblina y vapor de agua, lo cual a los suelos los mantiene húmedos.

Tabla 18. *Datos de material particulado PM2.5 en 24 horas (P1)*

PM 2.5/ Punto 1, día 4.			LMP
N° Horas	Tiempo	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	17:00	32.00	C
2	18:00	32.33	C
3	19:00	30.83	C
4	20:00	15.83	C
5	21:00	24.00	C
6	22:00	23.83	C
7	23:00	19.83	C
8	0:00	10.00	C
9	1:00	10.00	C
10	2:00	7.50	C
11	3:00	15.17	C
12	4:00	0.83	C
13	5:00	6.17	C
14	6:00	11.00	C
15	7:00	8.67	C
16	8:00	9.67	C
17	9:00	6.33	C
18	10:00	17.00	C
19	11:00	8.33	C
20	12:00	5.17	C
21	13:00	10.83	C
22	14:00	10.17	C
23	15:00	16.33	C
24	16:00	7.83	C

Figura 6. Concentraciones de PM_{2.5} más altas en el área de control de ingreso y salida (P1)

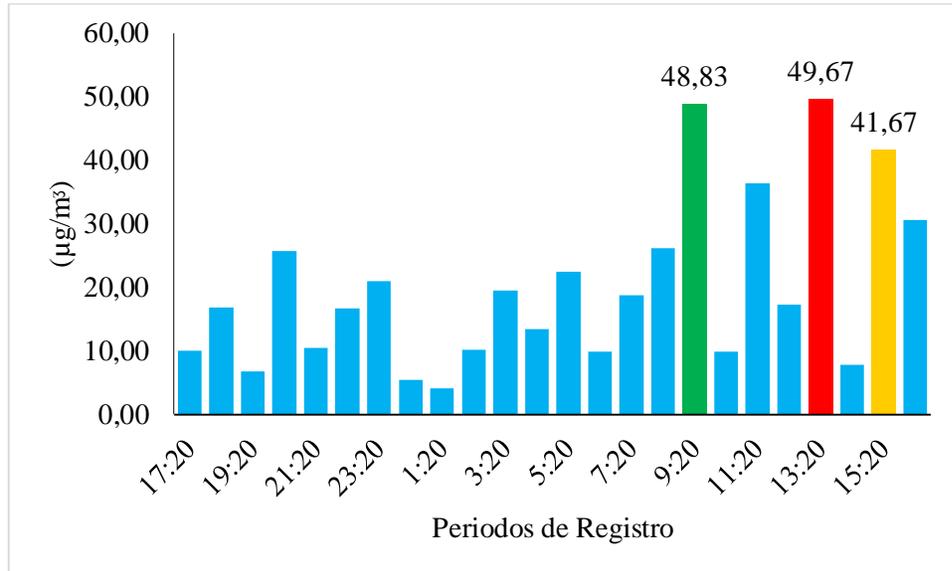


En la figura 6 se evidencia las concentraciones registradas en el área de control de ingreso y salida, en el cual se observa que no excede los LMP (PM_{2.5}=50 ug/m³) como lo establece la normativa de calidad de aire en el Acuerdo Ministerial 097-A. Sin embargo es importante mencionar que se registraron picos más altos de PM_{2.5} con un valor de 32.33 ug/m³ a las 18h00, esto debido a que según los registros del sensor de temperatura del equipo E-BAM registró la Temperatura Ambiente de 13°C; la segunda concentración más alta corresponde a las 17h00 con un valor de 32.0 ug/m³ este valor se vio influenciado por la acción del viento que actúa sobre el suelo removido por los vehículos; la tercera concentración tiene un valor de 30.83 ug/m³ a las 19h00 esto surgió debido a lo que se menciona anteriormente que es por la acción del viento. Cabe destacar que las horas que se registraron mayores concentraciones están fuera de los horarios de operación de la mina, es decir dicha condición surgió por las condiciones propias del lugar, además las siguientes horas que se evidencia concentraciones bajas se debió a la presencia de lluvia, lo que ocasiona baja presencia de polvos y por ende material particulado.

Tabla 19. Datos de material particulado *PM2.5* en 24 horas (P2)

PM 2.5/ Punto 2, día 6.			LMP
Nº Horas	Tiempo	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	17:20	10.00	C
2	18:20	16.83	C
3	19:20	6.83	C
4	20:20	25.67	C
5	21:20	10.50	C
6	22:20	16.67	C
7	23:20	21.00	C
8	0:20	5.50	C
9	1:20	4.17	C
10	2:20	10.17	C
11	3:20	19.50	C
12	4:20	13.50	C
13	5:20	22.50	C
14	6:20	9.83	C
15	7:20	18.83	C
16	8:20	26.17	C
17	9:20	48.83	C
18	10:20	9.83	C
19	11:20	36.33	C
20	12:20	17.33	C
21	13:20	49.67	C
22	14:20	7.83	C
23	15:20	41.67	C
24	16:20	30.67	C

Figura 7. Concentraciones de PM2.5 más altas en el área de carga (punto de extracción) (P2)

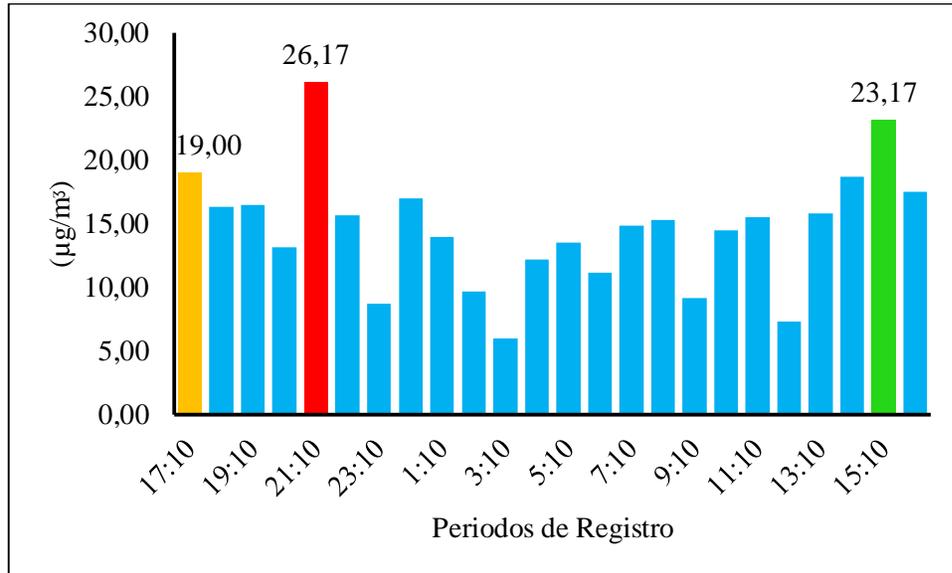


Se evidencia en la figura 7 las concentraciones registradas en el área de carga (punto de extracción), en el cual se observa que no excede los LMP ($PM_{2.5}=50 \text{ ug/m}^3$) como lo establece la normativa de calidad de aire en el Acuerdo Ministerial 097-A. Sin embargo es importante resaltar que se evidencia picos más altos con un valor de 49.67 ug/m^3 a las 13h20, debido a que existió mayor afluencia de vehículos en el punto de extracción, lo que ocasiona la generación de material particulado proveniente de la emisión de los motores de combustión interna que poseen los vehículos de carga; la segunda concentración alta tiene un valor de 48.83 ug/m^3 a las 09h20 esto debido a que relativamente en esa hora la mina se encuentra normal operatividad y existe el ingreso de vehículos; la tercera concentración alta se registró con un valor de 41.67 ug/m^3 a las 15h20, debido a que a la hora en mención el equipo E-BAM registró la Temperatura Ambiente de 16.6°C , lo que ocasiona mayor generación de polvo.

Tabla 20. *Datos de material particulado PM2.5 en 24 horas (P3)*

PM 2.5/ Punto 3, día 5.			LMP
Nº Horas	Tiempo	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	17:10	19.00	C
2	18:10	16.33	C
3	19:10	16.50	C
4	20:10	13.17	C
5	21:10	26.17	C
6	22:10	15.67	C
7	23:10	8.70	C
8	0:10	17.00	C
9	1:10	14.00	C
10	2:10	9.67	C
11	3:10	6.00	C
12	4:10	12.17	C
13	5:10	13.50	C
14	6:10	11.17	C
15	7:10	14.83	C
16	8:10	15.33	C
17	9:10	9.17	C
18	10:10	14.50	C
19	11:10	15.50	C
20	12:10	7.33	C
21	13:10	15.83	C
22	14:10	18.67	C
23	15:10	23.17	C
24	16:10	17.50	C

Figura 8. Concentraciones de PM2.5 más altas en el área de pago y parqueadero (P3)



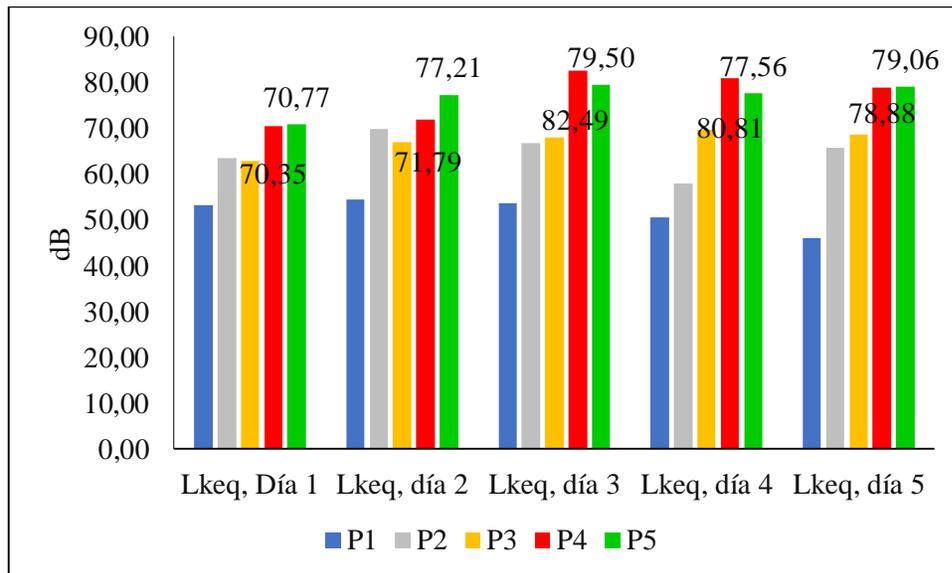
En la figura 8 se evidencia las concentraciones registradas en el área de pago y parqueadero, en el cual se observa que no excede los LMP ($PM_{2.5}=50 \text{ ug/m}^3$) como lo establece la normativa de calidad de aire en el Acuerdo Ministerial 097-A. Se registraron picos de $PM_{2.5}$ con un valor de 26.17 ug/m^3 a las 21h10 esto surgió debido a que en todo el día hubo ausencia de lluvias; la segunda concentración alta corresponde a las 15h10 con un valor de 23.17 ug/m^3 esto debido al ingreso moderado de vehículos (véase Tabla 14); la tercera concentración tiene un valor de 19.00 ug/m^3 a las 17h10 lo surgió debido a la acción del viento que ocasiona el levantamiento de macropartículas existentes en el sitio.

10.2.3. Ruido ambiental en la Concesión Minera Caspi Churopinto

El monitoreo de ruido ambiental, fue realizado con un sonómetro marca Delta OHM, modelo Hd2010 UC/A previamente calibrado con el calibrador del nivel sonoro en intervalos 94 dB y 124 dB, la técnica empleada fue de acuerdo a lo establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A del Ministerio del Ambiente, Reforma al libro IX del TULSMA (2015), Anexo 5. Niveles máximos de emisión de ruido y metodología de medición para fuentes fijas y fuentes móviles de ruido, el método Leq 15s, con este método se tomaron y reportan un mínimo de 5 muestras de 15 segundos en cada uno de los puntos de monitoreo determinados.

Tabla 21. Datos de nivel de presión sonora

	UNIDAD	Lkeq, Día 1	Lkeq, día 2	Lkeq, día 3	Lkeq, día 4	Lkeq, día 5
P1	dB	53.18	54.34	53.50	50.47	45.92
P2	dB	63.34	69.86	66.66	57.81	65.64
P3	dB	62.83	66.98	67.87	69.69	68.56
P4	dB	70.35	71.79	82.49	80.81	78.88
P5	dB	70.77	77.21	79.50	77.56	79.06

Figura 9. Nivel de presión sonora continua equivalente ponderado corregido

De acuerdo el Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (2015), en cuanto a los niveles máximos de emisión de ruido para FFR, de uso de suelo industrial (ID3/ID4) para el periodo diurno es de 70 dB. De tal manera mediante el Gráfico N° se interpreta que los puntos que sobrepasan los límites máximos permisibles son el punto cuatro que corresponde al área de carga, la cual presenta un ruido continuo corregido para los cinco días de monitoreo que excede de 70.35 dB a 82,49 dB siendo este segundo valor el más elevado que sobrepasa los LMP. También se evidencia que el punto cinco que corresponde al área de remoción del material chasqui presenta un ruido de 70.77 dB a 79.50 dB siendo este el más elevado en el punto que se menciona. En el área de carga se evidencia que excede el LMP debido

a que se presenta en el momento en el que la cargadora frontal realiza la recolección del material para posterior descargar en los contenedores de los vehículos de carga, en cuanto al área de remoción se esté excedente de ruido debido a la presencia simultánea de la cargadora frontal y del tractor tipo oruga que realiza el arrastre del suelo orgánico hacia las franjas horizontales en donde se acumula temporalmente el suelo removido.

Es importante destacar que se midió el ruido en las afueras de la mina que corresponde al punto uno. En esta área se constata que el ruido no sobrepasa los LMP que establece la normativa, obteniendo una medida de 45.92 dB que es el ruido más bajo, demostrando que no existe influencia mayor de ruido generado por la concesión minera Caspi Churopinto hacia las comunidades aledañas, esto debido a que la empresa cuenta con barreras ecológicas de seis hileras de árboles de eucalipto el cual ayuda a la mitigación del ruido hacia el exterior.

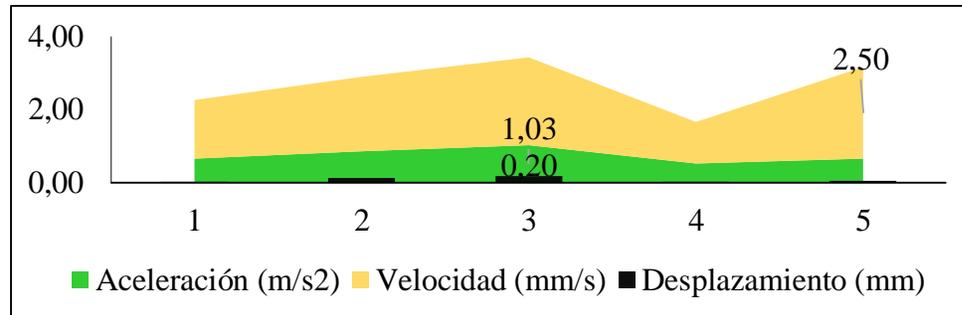
10.2.4. Resultados de vibraciones

En cuanto al monitoreo de vibraciones, fue realizado con un vibrómetro de marca BENETECH modelo GM63A, el cual es un equipo que midió tres parámetros de mediciones comparativas que fueron velocidad, aceleración y desplazamiento, la cual consistió en tomar datos durante 5 segundos para cada parámetro de medición. Así mismo en función del Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (2015), como establece en su protocolo de medición, se realizó 3 mediciones en el mismo punto (Véase Anexo 7).

Tabla 22. *Vibraciones del frente de extracción minera*

Fecha	05/07/2022	06/07/2022	07/07/2022	08/07/2022	09/07/2022
Aceleración (m/s²)	0.67	0.87	1.03	0.53	0.67
Velocidad (mm/s)	1.60	2.03	2.40	1.13	2.50
Desplazamiento (mm)	0.04	0.13	0.20	0.03	0.07

Figura 10. *Vibraciones del frente de extracción durante cinco días*

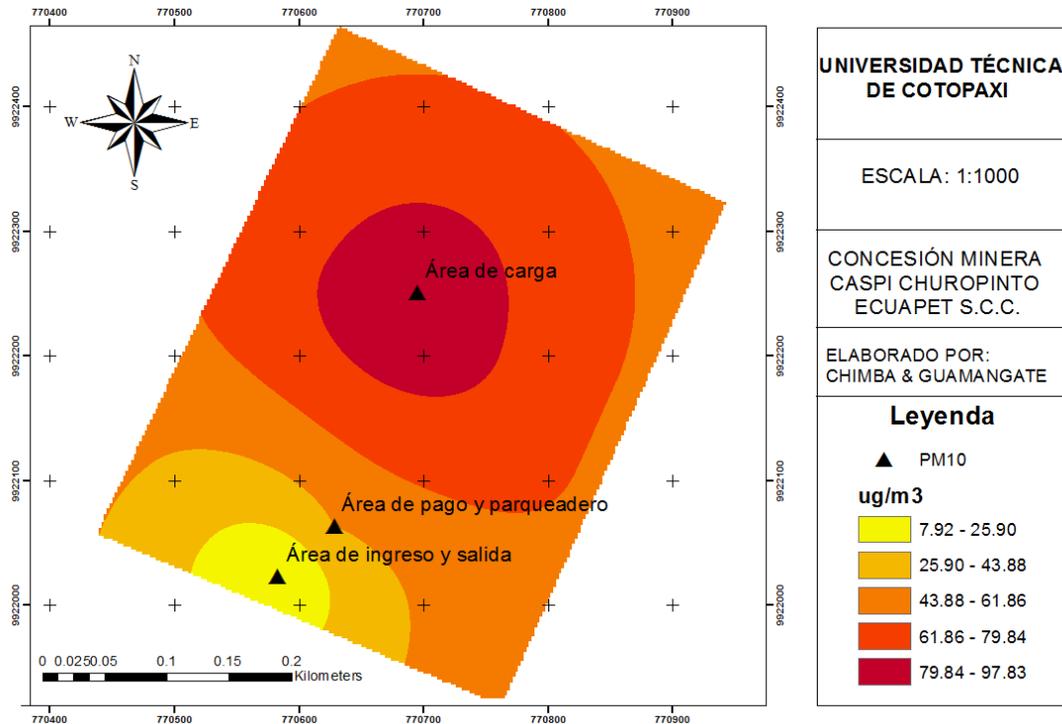


De acuerdo a la figura 10 se observa que la aceleración más alta en los frentes de extracción de la mina se registró el día jueves en el horario 15h00 a 16h00 con un valor máximo de 1.03 m/s²; en cuanto a la velocidad se evidenció el día sábado en el horario de 12h00 a 13h00 un valor máximo de 2.50 mm/s y correspondiente al desplazamiento se evidencia un valor máximo el día jueves a partir de 15h00 16h00 con un valor de 0.20 mm. Estas mediciones se registraron de dicha manera debido al arrastre del suelo orgánico que varía de entre 60 a 90 cm de profundidad que es desplazado por el tractor tipo oruga, a su vez también se debe al arrastre de rastrojo y restos vegetales que lleva consigo; también a estos rangos se ve influenciado la actividad de carga que realiza la cargadora frontal que se encuentra laborando cerca del tractor tipo oruga.

10.3. Medidas de mitigación ambiental a las actividades contaminantes

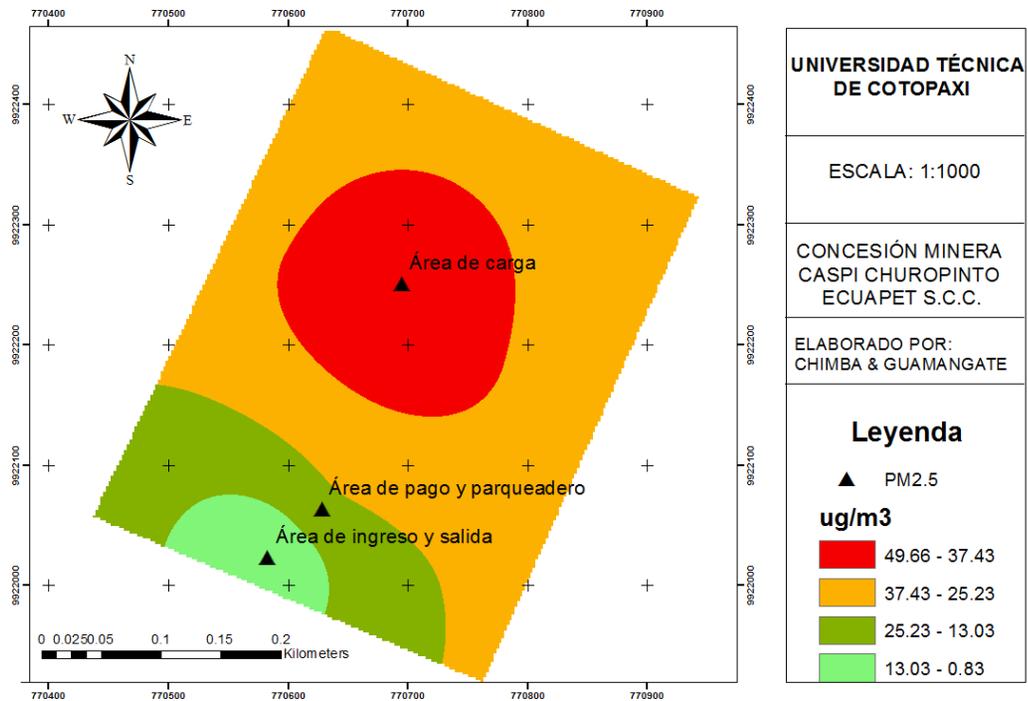
Para establecer las medidas de mitigación ambiental a las actividades contaminantes se realizó mapas con fondos cualitativos de concentración de contaminantes, en el cual se identificaron las áreas críticas empleando los datos de los monitoreos de material particulado PM10 y PM2.5 y ruido, lo cual facilitó la identificación de las áreas críticas según la normativa ambiental.

Figura 11. Mapa de concentración de PM10



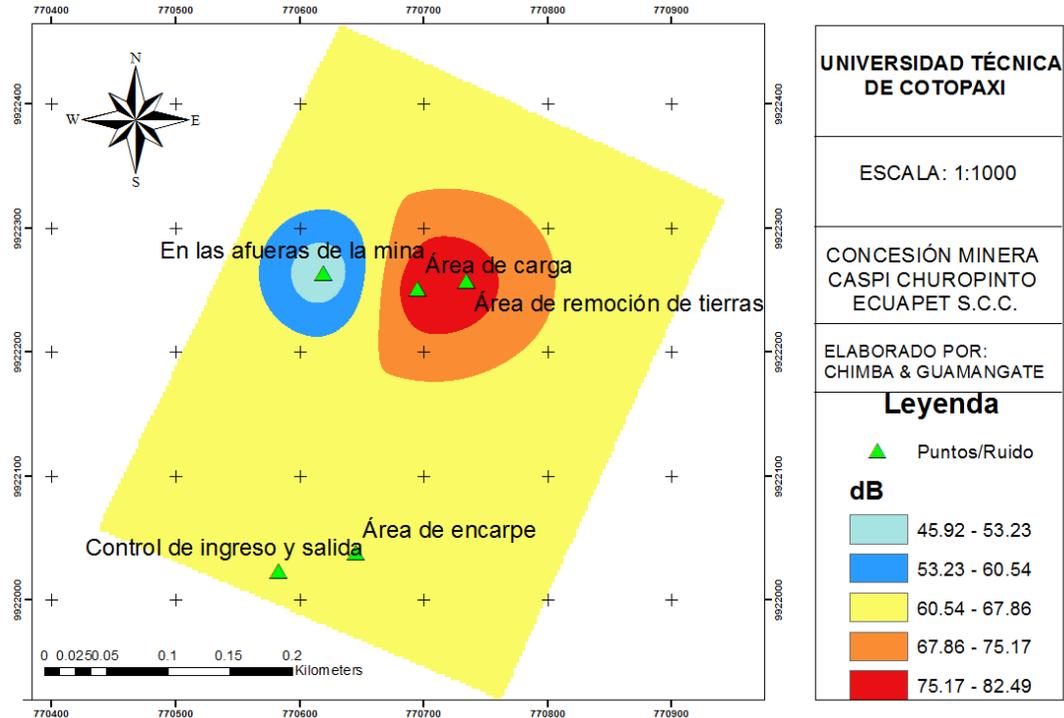
De acuerdo a la figura 11 se observa que hay mayor dispersión de material particulado PM10 en el área de carga entre un rango de concentración de 79.84 ug/m^3 a 97.83 ug/m^3 a un rango de unos 80 metros de radio, esta área se ve mayormente afectada debido al trabajo que realiza la cargadora frontal en dos acciones rotativas que es la carga y descarga del chasqui, así también el tractor tipo oruga que realiza el movimiento del suelo orgánico y que se complementa con la aglomeración de vehículos de carga pesada en espera alrededor del área de carga. Se evidenció que los días de mayor afluencia son los lunes y martes a partir de las 11h00. Por tanto, como medida de reducción de PM10 se debería establecer una zona exclusiva de espera para vehículos de carga y de esta manera evitar la aglomeración de los mismos en el frente de extracción. Esta medida se establece en función de que la concentración máxima no sobrepasa, pero está cercano al límite máximo permitido en la normativa. Cabe mencionar que la empresa cuenta con la actividad de humectación de las vías de acceso hacia el frente de extracción para las temporadas con mayor presencia de radiación solar, dicha actividad se encuentra en el Plan de Manejo Ambiental de Ecuapet.

Figura 12. Mapa de concentración de PM2.5



En la figura 12 se observa que hay mayor dispersión de material particulado PM2.5 en el área de carga entre un rango de concentración de 37.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 49.66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a un rango de unos 80 metros de radio, esta área se ve mayormente afectada debido al trabajo propio de la extracción del mineral chasqui. Como medida de reducción de PM2.5 se considera la misma medida establecida para PM10 debido a que se encuentra en la misma área y se realiza la misma actividad, para la cual se debería establecer una zona exclusiva de espera para vehículos de carga y de esta manera evitar la aglomeración de los mismos en el frente de extracción. Esta medida se establece en función de que la concentración máxima no sobrepasa, pero está cercano al límite máximo permitido en la normativa.

Figura 13. Mapa de dispersión en forma circular referente al ruido



Según la figura 13 se evidencia mayor nivel de ruido continuo equivalente en el área de carga y área de remoción de tierras, el cual se encuentra dentro de un rango mayor de 75.17 dB a 82.49 dB, esto surge debido a la presencia de vehículos de carga y a la maquinaria pesada que labora en el frente de extracción. Como medida de mitigación se propone que la maquinaria pesada trabaje una a la vez cuando se encuentren en la misma área de trabajo, de igual manera se debería controlar el flujo de circulación vehicular interna implementando una zona de parqueo para evitar la aglomeración de los mismo en los frentes de extracción minera, de esta forma reducir la concentración de ruido de las actividades que se menciona.

10.3.1. Discusión de resultados

En el estudio de calidad del entorno de la concesión minera Caspi Churopinto de la empresa Ecuapet, en función del Acuerdo Ministerial 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) (2015), en relación con los niveles máximos permitidos de material particulado (PM10 Y PM2.5), ruido y vibración. A través de los monitoreos

realizados se determinó que en cuanto a las concentraciones de material particulado PM₁₀, PM_{2.5} no excede el LMP en el tiempo que se realizó la toma de muestras; al buscar la incidencia del material particulado hacia los exteriores de la mina, se constató que la empresa cuenta con barreras ecológicas que son cortinas de árboles de eucalipto conformados por seis hileras en todo el contorno del área concesionada, lo que trae beneficios como purificadores del aire en presencia de material particulado, así mismo visualmente se evidenció que el material particulado se adhiere a las hojas de eucalipto (Véase Figura 14), esta iniciativa ha logrado que en las facilidades de la mina no genera un impacto a los sectores aledaños y tampoco que ingrese cualquier material ajeno a la mina que pueda generar un excedente referente a los LMP que establece la normativa; este criterio se basa también en el estudio realizado por Paull et al., (2020), en la región urbana de Sydney-Australia en base a la presencia de paredes verdes, en el cual determinaron que en dichas zonas observaron cierta acumulación de PM a partir de la inspección visual de las hojas llegando a la conclusión que tienen facultades mitigadoras de la contaminación del aire al respecto del material particulado; así mismo según Ottelé (2011) & Abhijith et al., (2017), establecen que los muros verdes tienen la capacidad de capturar el material particulado, a lo que atribuyen que se debe a que las hojas crean turbulencia, lo que obliga a la compactación entre las partículas de PM, llevando así a la deposición y eventual acumulación de PM en las superficies de las hojas.

El nivel ruido en el área de carga y remoción de tierras excede los LMP (70dB) en el cual se registró el menor índice de ruido continuo corregido equivalente en decibeles excedido con un valor de 70.35 dB y el máximo de 82.49 dB, siendo un excedente de 12.49 dB a los que se encuentran expuestos los operadores de la maquinaria, esto se debe a que en el momento del monitoreo las dos áreas en mención se encontraban cercanas cosa que no sucede en todo momento ya que el frente de extracción se va desplazando en función de las ventas; se registraron este excedente de ruido en los horarios más comerciales, este nivel de ruido también se asocia a que las maquinarias generan vibraciones en el suelo en el cual ocasionan un desplazamiento de hasta 0.20 mm, a una velocidad de onda de hasta 2.50 mm/s y una aceleración que llega hasta 1.03 m/s²; para lo cual cabe mencionar que los trabajadores tanto del tractor tipo oruga y la cargadora frontal, todo el tiempo utilizan los EPP correspondientes; es importante destacar que el área de encarpe, área de control de ingreso, salida y puntualmente en las afueras de la mina en función de los monitoreos y la normativa se determinó que no sobrepasa lo LMP de ruido. Las familias que viven en los sectores aledaños de la mina no se ven afectadas por el nivel de ruido como se determinó en la presente

investigación debido a que como se menciona anteriormente la empresa cuenta con cortinas de árboles de eucalipto conformados por seis hileras (véase figura 14) en todo el contorno del área concesionada, lo que hace que el ruido se mitigue como lo manifiesta Azkorra et al., (2015), los cuales expresan que las plantas pueden absorber el ruido de manera más efectiva que la mayoría de las superficies duras; de acuerdo a Rojas (2021), en su estudio sobre “Revisión sistemática: Especies vegetales utilizadas para la mitigación del ruido” emplearon diferentes árboles mitigadores vegetales herbáceas, arbustos y árboles en el cual refleja los niveles de efectividad que han tenido las mismas para la mitigación del ruido en el cual determinaron que pueden llegar a mitigar decibeles de 1 dB hasta 31 dB hacia el exterior. En cuanto a la contaminación de ruido en las actividades de remoción de tierras y la carga de chasqui se establece como medida de mitigación ambiental, implementar zonas de parqueo con la finalidad disminuir el flujo vehicular interno y a su vez evitar la acumulación de vehículos de carga en los frentes de extracción donde se encuentran operando la cargadora frontal y el tractor tipo oruga. Los antecedentes mencionados son en los que se respalda los resultados obtenidos en la presente investigación de la calidad del entorno de la minera de explotación de chasqui.

Figura 14. *Barrera ecológica de eucalipto*



Nota: Las hojas de eucalipto que se visualizan contienen material particulado y a su vez funcionan como barreras mitigadoras de ruido hacia el exterior.

11. IMPACTOS

11.1. Social

El estudio realizado para la determinación de material particulado PM10-PM2.5, ruido y vibración en la concesión minera Caspi Churopinto de la empresa Ecuapet S.C.C., permitió conocer el impacto que se genera en el lugar y su afectación e influencia hacia los exteriores de la mina. Se determinó que la actividad minera genera rentabilidad económica directa para la empresa e indirecta para los trabajadores que son habitantes del lugar. La empresa cuenta con medidas de mitigación para controlar los niveles de ruido y material particulado por lo cual mantienen las cercas ecológicas que influyen especialmente en el aspecto visual y minimizan cualquier impacto generado dentro de las facilidades de la mina hacia el exterior.

11.2. Ambiental

El material particulado influye sobre la calidad del aire y sobre el deterioro de la flora y fauna del lugar siendo mayormente influenciadas por las condiciones climáticas que se presenten en el lugar como, precipitación, viento, heliofanía y humedad relativa. El material particulado PM10 y PM2.5 pueden permanecer por un tiempo considerado en el ambiente hasta poder asentarse sobre el suelo, plantas y animales. En la concesión minera Caspi Churopinto se encuentra delimitada por una barrera ecológica también conocida como cerca viva, que está compuesta por arboles de eucalipto de 6 filas de ancho con vegetación variada dentro. Esto permite reducir considerablemente el contacto directo del material particulado generado en el frente de extracción minera y las áreas ya minadas con la población aledaña y zonas agrícolas. La emisión de ruido que fue monitoreada en los puntos P4 y P5 que sobrepasa los LMP y que no se ve influenciado al exterior de la mina, de acuerdo a los datos del P1 (Véase tabla 21), esto gracias a la cerca viva ya mencionada en este apartado. Dentro del parámetro de vibraciones al suelo, sus valores al ser muy bajos no influyen sobre la conducta del ambiente externos de la mina.

11.3. Económico

La actividad de exploración y explotación simultánea de la empresa Ecuapet S.C.C genera rentabilidad económica directa para sí misma, a la vez proporciona ingresos para los trabajadores que son habitantes del lugar y los diferentes adquiridores de la materia prima chasqui que llevan para el procesamiento y utilización en diferentes sectores principalmente para el área de la construcción civil. Además, la concesión minera también tiene un acuerdo con los pobladores aledaños, para que en las áreas verdes de la mina que se encuentran con pastos puedan ser aprovechados para sus animales mediante el pastoreo, lo cual ayuda a solventar la economía de las familias del sector.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12.1. Conclusiones

Terminada la investigación y de acuerdo a los objetivos propuestos en la misma se plantea las siguientes conclusiones:

Una vez determinada la caracterización biofísica del área concesionada, a través de investigación en bases de datos y visitas de campo, se concluyó que el lugar presenta variación en la estructura del suelo a medida que el frente de extracción avanza, además las condiciones climáticas de la zona ayudan a la no proliferación de material particulado ya que es un lugar con presencia de neblina en horas de la noche y la madrugada en temporada invernal.

En función de los monitoreos realizados de PM10 y PM2.5 los puntos críticos de la concesión minera Caspi Churopinto de la empresa Ecuapet son, el área de carga del material chasqui (piedra pómez) a pesar de que no sobrepasa los LMP se obtuvo valores de PM10 de 97.83 ug/m³ y PM2.5 de 49.67 ug/m³ es decir, es un valor cercano al límite. En cuanto al ruido los puntos más críticos son al área de carga 82.49 dB y el área de remoción de tierras 79.50 dB, constatando estos dos puntos críticos se realizó la medición de vibración para evidenciar la magnitud de vibración que puede ser parte de la generación del ruido de acuerdo a sus movimientos oscilatorios.

Se estableció como medidas de mitigación la implementación de un lugar de parqueo para los vehículos de carga de tal manera que se realice el control de flujo vehicular interno y evitar la

acumulación en los frentes de extracción, así mismo establecer que los operadores de la cargadora frontal y tractor tipo oruga realicen sus actividades una a la vez cuando se encuentren laborando en la misma área.

12.2. Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación se emite las siguientes recomendaciones: Para las futuras investigaciones de la carrera de Ingeniería Ambiental se recomienda realizar constante monitoreo ambiental en los lugares que puedan estar sometidos a las alteraciones de las características propias de algún lugar.

En próximas investigaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se recomienda crear una línea de tiempo a través de mapeos existentes, en los que se pueda visualizar la información de los lugares en donde se han realizado la evaluación de parámetros ambientales en agua, suelo y aire.

Se recomienda difundir las buenas prácticas ambientales realizadas por la mina Ecuapet S.C.C. como es el de las barreras ecológicas para que otras mineras lo puedan replicar, en función de los buenos resultados que esta medida ha generado.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Acuerdo Ministerial 097-A. (2015). Anexos de Normativa, REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE. Quito. Obtenido de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf
- Álvarez, I., Méndez, J., Delgado, L., Acebo, F., Armas, J., & Rivero, M. (2017). Contaminación ambiental por ruido. *Revista Médica Electrónica*. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/revmedele/me-2017/me173x.pdf>
- Alvis, E. (2012). IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR EL MATERIAL PARTICULADO, SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE LOS PROYECTOS CARBONÍFERO DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR. Repositorio de la Pontificia Universidad Javeriana. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/19468/AlvisCamachoElianDavid2012.pdf?sequence=4>
- Anton, O. (2019). Información básica sobre decibelios (dB). SILVENT. Obtenido de <https://knowledge.silvent.com/es/informacion-basica-sobre-decibelios-db>
- Arias, G., & Matinez, C. (2021). Guía metodológica para la evaluación de vibraciones en mano-brazo. Colombia. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=fxw6EAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=vibraciones&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=vibraciones&f=false
- Arroyave, M., Posada, M., Nowak, D., & Hoehn, R. (2019). Remoción de contaminantes atmosféricos por el bosque urbano en el valle de Aburrá. *Redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/4239/423957937001/html/>
- Azkorra, Z., Pérez, G., Coma, J., Cabeza, L., Bures, S., Álvaro, J., . . . Urrestarazu, M. (2015). Evaluación de muros verdes como sistema de aislamiento acústico pasivo. ELSEVIER. Obtenido de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0003682X14002333?token=827356710A6B8B1C22A7E31197947B6CE4B11B245EA75E76DBEC515ABD84AA47D22FEDC7AC707CC91F155770FC6CDE67&originRegion=us-east-1&originCreation=20220820163141>
- Cacho, Y. (28 de 12 de 2017). Contaminación acústica, un problema por resolver. Obtenido de Cienciamx: <http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/ambiente/19016-contaminacion-acustica-un-problema-porresolver>
- CÓDIGO ORGÁNICO INTEGRAL PENAL, COIP. (2021). CÓDIGO ORGÁNICO INTEGRAL PENAL, COIP. Quito. Obtenido de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/COIP_act_feb-2021.pdf

- Comisión Europea. (1996). Política futura de lucha contra el ruido. Libro verde de la Comisión Europea. Bruselas. Obtenido de <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/8d243fb5-ec92-4eee-aac0-0ab194b9d4f3/language-es/format-PDF>
- Constitución de la República del Ecuador. (2021). CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008. Quito. Obtenido de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Díaz Vasquez, L., Cruz Santana, R., Espinosa, K. C., & Almaguer Chávez, M. (2020). Caracterización fisiológica de nuevos registros fúngicos de la atmósfera de La Habana, Cuba - Physiological characterization of fungal new records from the atmosphere of Havana, Cuba. JSTOR: Jardín Botánico Nacional, Universidad de la Habana, 41, 37-44.
- EPA. (04 de 06 de 2021). Agencia de Protección Ambiente de Estados Unidos. Obtenido de Agencia de Protección Ambiente de Estados Unidos: <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>
- Ferran, B. (2005). CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA, CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD. Revista Española de Salud Pública, 79. Obtenido de https://www.scielosp.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/resp/v79n2/v79n2a05.pdf
- Huiming, L., Xin, Q., & Qin'geng, W. (2013). Heavy Metals in Atmospheric Particulate Matter: A Comprehensive Understanding Is Needed for Monitoring and Risk Mitigation. Environmental Sciencia & Technology. Obtenido de <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es404751a>
- Ideara, S. (2014). VIBRACIONES MECÁNICAS. FACTORES RELACIONADOS CON LA FUENTE Y MEDIDAS DE CONTROL. España. Obtenido de https://idearainvestigacion.es/wp-content/uploads/2014/10/GUIA_vibraciones-mecanicas_final_baixa-calidade.pdf
- INAMHI. (2017). Anuario Meteorológico. Quito – Ecuador. Obtenido de https://www.inamhi.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf
- Instituto de Investigación Geológico y Energético. (1982). Mapa Geológico Nacional de la República del Ecuador, 1982, escala 1:1'000,000. Quito. Obtenido de https://drive.google.com/file/d/1Cv0W1hvvRzvgvIzLo_356TsO8NIJIMzc/view
- Kumar, P., Gallagher, J., Aonghus, M., Baldauf, R., Pilla, F., Broderick, B., . . . Abhijith, K. (2017). Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments – A review. Science Direct. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231017303151>

- LEY ORGÁNICA REFORMATORIA A LA LEY DE MINERÍA. (2020). LEY ORGÁNICA REFORMATORIA A LA LEY DE MINERÍA. Quito. Obtenido de <https://www.pbplaw.com/sitio/wp-content/uploads/2020/MINERIA/AGOSTO/Reforma-Ley-Mineria-28-julio-2020.pdf>
- Martins, A. (2017). El sorprendente valor de los árboles para combatir la contaminación en el aire de las ciudades. *New Mundo*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-39195220>
- MATE. (2021). Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Obtenido de Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica: <https://www.ambiente.gob.ec/hoy-ecuador-le-dice-no-al-ruido/#:~:text=Procure%20no%20hacer%20ruido%2C%20respete,no%20moleste%20a%20los%20dem%C3%A1s.>
- Montes, D. (2019). CONTAMINACIÓN ACÚSTICA Y SU INCIDENCIA EN HABITANTES DEL PERÍMETRO DEL HOSPITAL DE ESPECIALIDADES – CANTÓN PORTOVIEJO. Repositorio de la UNESUM. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1876/1/UNESUM-ECU-ING.MEDIO-2019-08.pdf>
- National Instruments Corp. (11 de 12 de 2019). Engineer Ambitiously. Obtenido de Engineer Ambitiously: <https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA00Z0000019N3eSAE&l=es-ES>
- Ocaña, T. (2018). Eficacia en la Atenuación del nivel de presión Sonora mediante Placas de Espiguilla de Trigo en el Colegio Politécnico del Callao Carmen de La Legua - Callao, 2018. *Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo*. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/20213/Oca%c3%b1a_PTD.pdf?sequence=6&isAllowed=y
- Ottelé, M. (2011). La envolvente del edificio verde: enverdecimiento vertical. Repositorio de la Universidad DELFT. Obtenido de <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:1e38e393-ca5c-45af-a4fe-31496195b88d?collection=research%20y%20https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231017303151>
- Oyarzun, R., Higuera, P., & Lillo, J. (2011). Minería Ambiental: Una introducción a los Impactos y su Remediación. España: GEMM-Aula2pontonet. Obtenido de https://www.aulados.net/Libros_Aula2pontonet_GEMM/Libro_Mineria_MA.pdfRe
- Paull, N., Krix, D., Torpy, F., & Irga, P. (2020). Can Green Walls Reduce Outdoor Ambient Particulate Matter, Noise Pollution and Temperature? *Revista MDPI*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/14/5084/htm>
- PDOT MULALÓ. (2020). ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA MULALÓ, CANTÓN

- LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI 2020 - 2023. Latacunga. Obtenido de https://mulalo.gob.ec/cotopaxi/wp-content/uploads/2020/09/ACTUALIZACION-PDOT-MULALO-2020_-2.pdf
- Quijano Parra, A., Quijano Vargas, M. J., & Henao Martínez, J. A. (2010, Enero 1). Caracterización físico-química del material particulado-fracción respirable PM2.5 en Pamplona-Norte de Santander-Colombia. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas* ISSN: 0120, 8(1), 1,2. <https://www.redalyc.org/pdf/903/90315226007.pdf>
- RAE. (2021). Real Academia Española. Obtenido de Diccionario de la lengua española: <https://dle.rae.es/>
- REGLAMENTO AL CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE. (2019). REGLAMENTO AL CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE. Quito. Obtenido de <https://site.inpc.gob.ec/pdfs/lotaip2020/REGLAMENTO%20AL%20CODIGO%20ORGANICO%20DEL%20AMBIENTE.pdf>
- REGLAMENTO AL CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE. (2019). REGLAMENTO AL CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE. Quito. Obtenido de <https://site.inpc.gob.ec/pdfs/lotaip2020/REGLAMENTO%20AL%20CODIGO%20ORGANICO%20DEL%20AMBIENTE.pdf>
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., & González, E. (2016). CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS: IMPLICACIONES EN SALUD, AMBIENTE Y SEGURIDAD ALIMENTARIA. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>
- Rivas, D. (2018). El clima, caracteres, causas, clasificación, fenómenos y alteraciones climáticas. Aplicación didáctica. Repositorio de la Universidad Nacional de Educación. Obtenido de <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14039/4103/El%20clima%2C%20caracteres%2C%20causas%2C%20clasificaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas, Y. (2021). “Revisión sistemática: Especies vegetales utilizadas para la mitigación del ruido”. Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/84725/Rojas_TYK-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica. (2017). Mapa Digital, Órdenes de Suelos del Ecuador. Escala 1:4 300.000. Quito-Ecuador. Obtenido de http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/MEMORIA_MAPA_DE_ORDENES_DE_SUELO_S_MAG_SIGTIERRAS.pdf
- Suter, A. (2012). Ruido. Madrid-España. Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+47.+Ruido>

- Torres, R. (2021). Tecnologías de medición de contaminantes aéreos. *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. Obtenido de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32725/1/Tecnologias_de_medicion_de_contaminantes_aereos.pdf
- Tzinzun, G., Rojas, L., & Fernández, A. (2005). Las partículas suspendidas en tres grandes ciudades mexicanas. Redalyc. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/539/53907402.pdf>
- Uriarte, J. M. (2020, marzo 10). Atmósfera: Definición, composición, funciones y características. *Caracteristicas.co*. Retrieved August 15, 2022, from <https://www.caracteristicas.co/atmosfera/>
- Van, H. (2017). Bamboo plants as a noise barrier to reduce road traffic noise. researchgate. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/312198747>
- Velasco, C. (27 de 02 de 2015). Contaminantes generados en la exploración y explotación minera, métodos de análisis y sus efectos ambientales. REPOSITORIO DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR. Obtenido de REPOSITORIO DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8654/Monografia%20Contaminantes%20en%20Industria%20Minera%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vilela Pincay, W., Espinosa Encarnación, M., & Bravo Gonzáles, A. (2020, Mayo 12). La contaminación ambiental ocasionada por la minería en la provincia de EL Oro.
- Vinueza, M. (2019). Evaluación del nivel de presión sonora en la unidad de cuidados intensivos neonatales del Hospital Ginecológico Obstétrico Isidro Ayora y de los efectos fisiológicos producidos en los recién nacidos expuestos a los ruidos ambientales. *Revista Pediatría*. Obtenido de <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/08/1010312/revista-pediatria-vfinal-36-46.pdf>

14. ANEXOS

Anexo 1. Solicitud de prestación de equipos para monitoreo

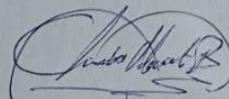
Salache, lunes 04 de julio del 2022

Mg. Jaime Lema P.
DIRECTOR DE CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

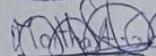
Presente,

De nuestra consideración, reciba un cordial y atento saludo de los estudiantes/tesistas, Chimba Almachi Pedro Andrés con C.I. 050398532-7 y Guamangate Gavilanes Martha Alexandra con C.I. 050393414-3 de la carrera de Ingeniería Ambiental del 8vo ciclo, paralelo "A". Quienes, con el tema "ANÁLISIS ESPACIAL DE CALIDAD ATMOSFÉRICA DE PM 10, PM 2.5, RUIDO Y VIBRACIONES GENERADOS POR LA ACTIVIDAD NO MINERA DE LA EMPRESA ECUAPET S.C.C. UBICADO EN LA PARROQUIA MULALÓ, PERIODO 2022". De tal manera solicitamos la respectiva autorización para el traslado del sonómetro Integrador de marca DELTA, modelo HD2010UC con su respectivo trípode, un GPS marca GARMIN y el equipo completo E-BAM, del laboratorio hacia las instalaciones de la empresa ECUAPET S.C.C. ubicada en la parroquia Mulaló, los días, martes 05, miércoles 06, jueves 07, viernes 08, sábado 09, domingo 10 y lunes 11 del mes de julio del presente año.

Atentamente,

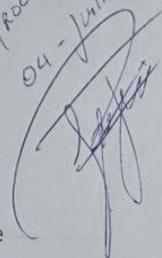


Pedro A. Chimba
050398532-7

Martha A. Guamangate
050393414-3

Proceder.
04 - Julio - 2022



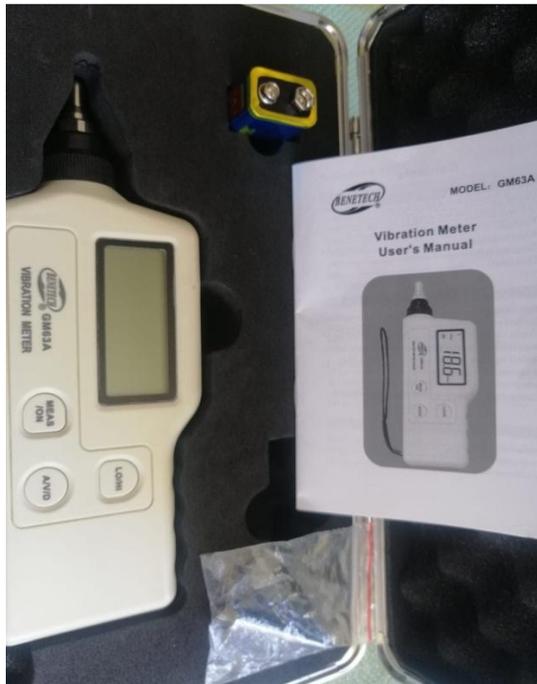
Anexo 2. *Equipo E-BAM*



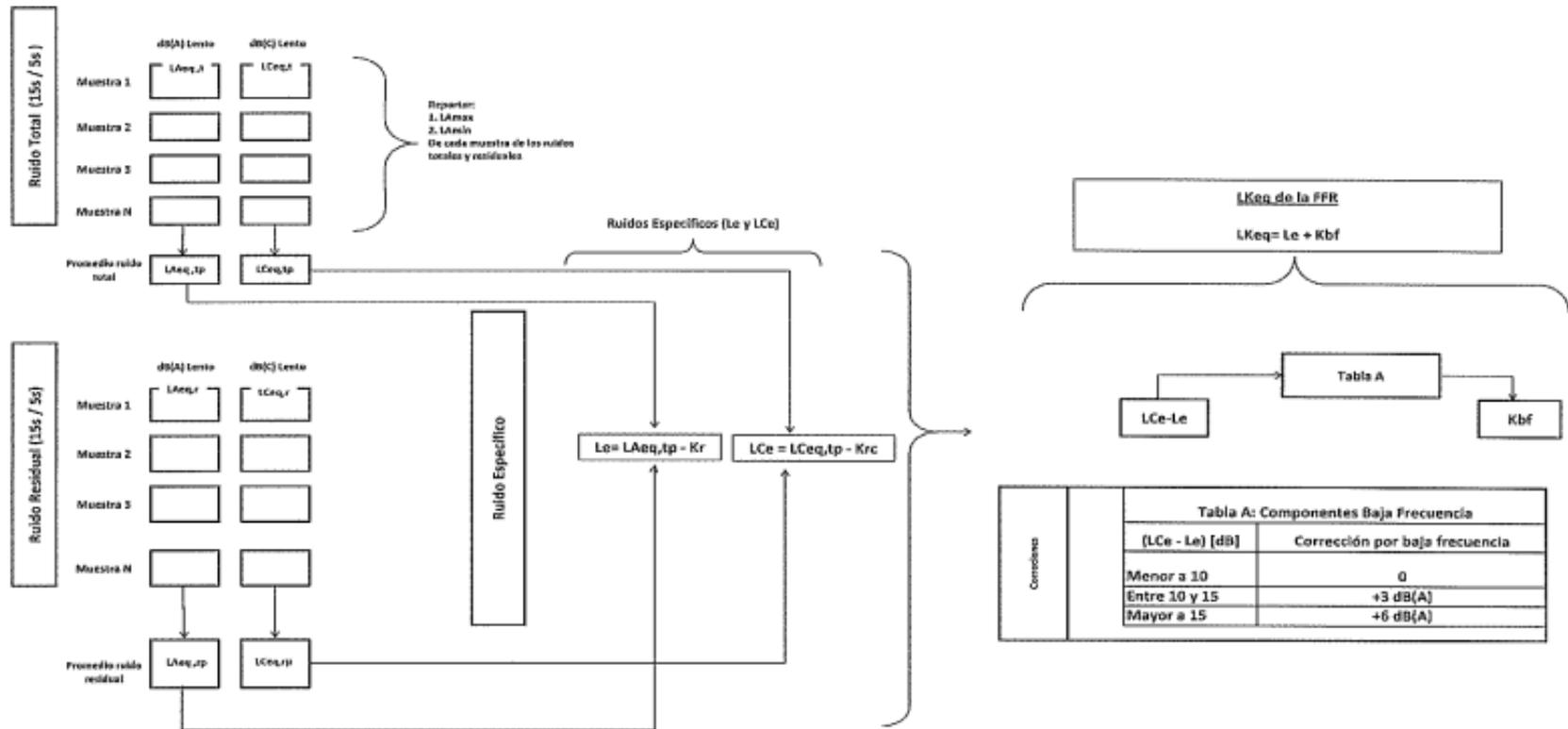
Anexo 3. *Equipo sonómetro*



Anexo 4. *Equipo vibrómetro*



Anexo 5. Método para calcular el LK_{eq} para el caso de: Ruido específico sin características impulsivas y con contenido energético alto en frecuencias bajas.



Fuente: (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

Anexo 6: *Calicata de Caspi Churopinto*



Anexo 7. Ficha de monitoreo de vibración

UTC – INGENIERÍA AMBIENTAL

FICHA DE MONITOREO DE VIBRACIONES -ECUAPET

Ubicación	Fecha	Repeticiones	Aceleración (m/s ²)	Velocidad (mm/s)	Desplazamiento (mm)
Frente de extracción Ecuapet S.C.C.	05/07/2022	R1	0,5	2,1	0,018
		R2	1,1	1,4	0,043
		R3	0,4	1,3	0,059
	06/07/2022	R1	0,4	0,8	0,086
		R2	1,0	1,2	0,135
		R3	1,2	4,1	0,168
	07/07/2022	R1	1,3	2,8	0,274
		R2	1,1	2,7	0,237
		R3	0,7	1,7	0,077
	08/07/2022	R1	0,4	0,7	0,016
		R2	0,9	1,1	0,022
		R3	0,3	1,6	0,059
	11/07/2022	R1	0,4	3,5	0,052
		R2	0,5	1,2	0,079
		R3	1,1	2,8	0,088

Anexo 8. Ficha de monitoreo de ruido

UTC-INGENIERÍA AMBIENTAL
FICHA DE MONITOREO DE RUIDO - ECUAPET

FECHA: 05 / JUNIO / 2022 DÍA 1

Puntos/coordenadas		Ruido Específico	Unidad de medida		Ruido Residual	Unidad de medida
P1	Leq	54,3	dBA	Leq	45,8	dBA
	Leq	60,9	dBC	Leq	56,3	dBC
PUNTO UNO	Leq	58,8	dBA	Leq	45,2	dBA
	Leq	71,7	dBC	Leq	71,9	dBC
AFUERAS DE LA MINA.	Leq	53,3	dBA	Leq	0	dBA
	Leq	74,9	dBC	Leq	55,6	dBC
COORDENADAS X 0770618,80 Y 9922263	Leq	54,0	dBA	Leq	46,7	dBA
	Leq	60,2	dBC	Leq	59,8	dBC
	Leq	53,5	dBA	Leq	45,5	dBA
	Leq	60,1	dBC	Leq	54,9	dBC

FECHA: 05 / JUNIO / 2022 DÍA 1

Puntos/coordenadas		Ruido Específico	Unidad de medida		Ruido Residual	Unidad de medida
P2	Leq	67,7	dBA	Leq	59,7	dBA
	Leq	77,2	dBC	Leq	77,8	dBC
PUNTO DOS	Leq	62,4	dBA	Leq	61,2	dBA
	Leq	77,9	dBC	Leq	70,9	dBC
CONTROL DE INGRESO Y SALIDA	Leq	62,6	dBA	Leq	55,7	dBA
	Leq	72,0	dBC	Leq	75,6	dBC
COORDENADAS X 770582,92 Y 9922023,26	Leq	68,4	dBA	Leq	56,3	dBA
	Leq	83,5	dBC	Leq	76,2	dBC
	Leq	65,4	dBA	Leq	57,4	dBA
	Leq	76,3	dBC	Leq	77,8	dBC

UTC-INGENIERÍA AMBIENTAL

FICHA DE MONITOREO DE RUIDO -- ECUAPET

FECHA: 05/07 JUNIO/2022

DÍA 1

Puntos/coordenadas		Ruido Especifico	Unidad de medida		Ruido Residual	Unidad de medida
P3	Leq	68,2	dBA	Leq	59,9	dBA
	Leq	76,8	dBC	Leq	77,5	dBC
PUNTO TRES	Leq	68,2	dBA	Leq	61,4	dBA
	Leq	77,7	dBC	Leq	71,1	dBC
ÁREA DE ENCARPE.	Leq	68,4	dBA	Leq	56	dBA
	Leq	77,9	dBC	Leq	75,9	dBC
COORDENADAS: X 770645 Y 9922038	Leq	68,7	dBA	Leq	60,2	dBA
	Leq	78,2	dBC	Leq	77,8	dBC
	Leq	67,6	dBA	Leq	58,5	dBA
	Leq	75,1	dBC	Leq	74,2	dBC

FECHA: 05/JUNIO/2022

DÍA 1

Puntos/coordenadas		Ruido Especifico	Unidad de medida		Ruido Residual	Unidad de medida
P4	Leq	78,8	dBA	Leq	75,8	dBA
	Leq	82,6	dBC	Leq	80,8	dBC
PUNTO CUATRO	Leq	78,3	dBA	Leq	74,9	dBA
	Leq	83,9	dBC	Leq	81,9	dBC
ÁREA DE CARGA.	Leq	78,4	dBA	Leq	74,8	dBA
	Leq	84,3	dBC	Leq	80,4	dBC
COORDENADAS X: 770695 Y: 9922251	Leq	76,5	dBA	Leq	73,4	dBA
	Leq	83,3	dBC	Leq	80,8	dBC
	Leq	77,4	dBA	Leq	74,6	dBA
	Leq	82,2	dBC	Leq	80,7	dBC

UTC-INGENIERÍA AMBIENTAL

FICHA DE MONITOREO DE RUIDO - ECUAPET

FECHA: 05 / julio / 2022

Día 1

Puntos/coordenadas		Ruido Específico	Unidad de medida		Ruido Residual	Unidad de medida
P5	Leq	76,2	dBa	Leq	75,8	dBa
	Leq	86,2	dBc	Leq	85,1	dBc
PUNTO CARCO	Leq	74,5	dBa	Leq	73,5	dBa
	Leq	82,7	dBc	Leq	81,9	dBc
ÁREA DE RENOVACIÓN	Leq	74,7	dBa	Leq	73,0	dBa
	Leq	85,2	dBc	Leq	82,8	dBc
COORDENADAS: X: 770735 Y: 9922257	Leq	75,2	dBa	Leq	72,3	dBa
	Leq	85,1	dBc	Leq	82,2	dBc
	Leq	74,8	dBa	Leq	73,1	dBa
	Leq	82,9	dBc	Leq	81,5	dBc

FECHA: 06 / julio / 2022.

Día 2

Puntos/coordenadas		Ruido Específico	Unidad de medida		Ruido Residual	Unidad de medida
P1	Leq	58,6	dBa	Leq	46,0	dBa
	Leq	71,9	dBc	Leq	66,5	dBc
PUNTO UNO	Leq	54,2	dBa	Leq	45,6	dBa
	Leq	60,8	dBc	Leq	66,1	dBc
ARUERAS DE LA MINA	Leq	53,5	dBa	Leq	45,5	dBa
	Leq	75,1	dBc	Leq	72,2	dBc
COORDENADAS: X: 770618.80 Y: 9922263.26	Leq	54,8	dBa	Leq	46,7	dBa
	Leq	61,4	dBc	Leq	67,2	dBc
	Leq	58,6	dBa	Leq	45,9	dBa
	Leq	71,5	dBc	Leq	62,6	dBc

Anexo 10. Recorrido del papel filtro a través del nozzle



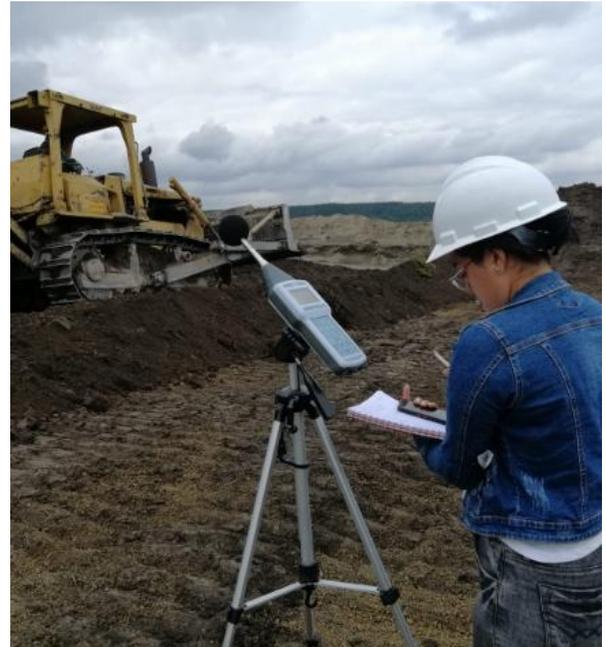
Anexo 12. Verificación del funcionamiento del E-BAM



Anexo 14. Toma de datos de ruido específico



Anexo 15. Registro de datos en ficha de monitoreo



Anexo 16. *Toma de datos de ruido residual*



Anexo 17. *Toma de datos de vibración cercano al tractor tipo oruga*



Anexo 17. *Toma de datos de vibración cercano a la cargadora frontal*



Anexo 18. *Toma de coordenadas*

